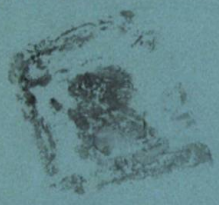
E 2039



REFERALVA

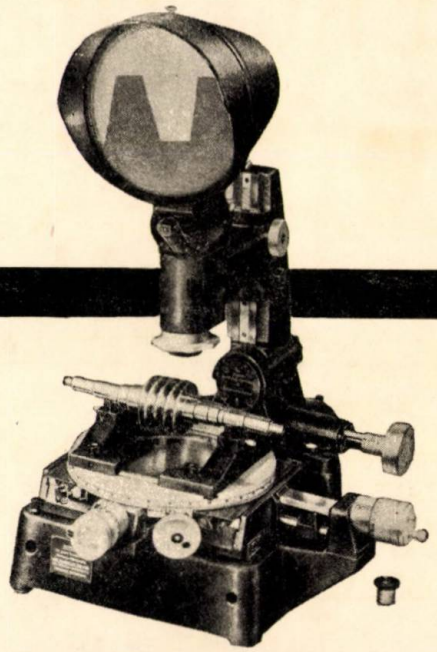
KAT

ENERGETICA

Energetica — Vol. 9 — ianuarie 1 nr. 1/1961 — p. 1-40 — Bucureşti

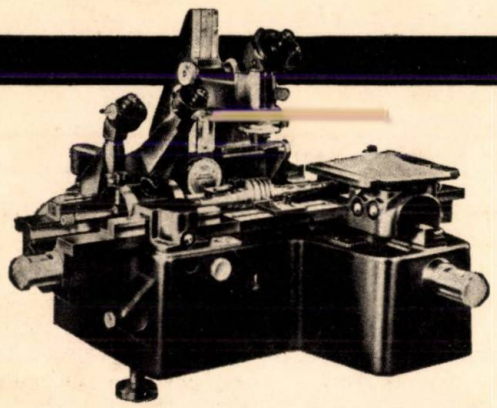
1961

CARL ZEISS
JENA



Microscop mare de atelier

Aparat ideal de măsurat în atelier şi laboratoare de încercări
pentru măsurarea lungimilor şi unghiurilor
în coordonate rectangulare şi polare
pentru examinarea formei, după profile normalizate sau desene,
precum şi pentru măsurarea filetuirilor după metoda
proiecţiei sau a secţiunii axiale.



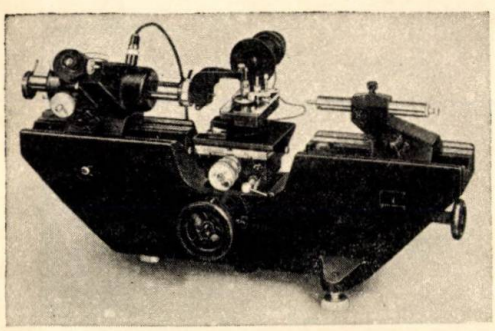
Microscop de măsurat universal

Aparat de măsură standard de înaltă precizie
pentru măsurarea de lungimi, unghiuri şi controlul formei,
în special pentru măsurători de fileturi.
Măsurarea directă a tuturor mărimilor caracteristice
ale unui poanson cu filet
fără o refixare a piesei examinate.

Aparat de măsurat lungimi

Aparat special pentru fabricaţia modernă a pieselor interşanjabile
pentru măsurători interioare şi exterioare,
pentru măsurarea filetuirilor exterioare şi interioare.

Prospectele detaliate ale fiecărui aparat
le puteţi procura sub Fe 20,



VEB Carl Zeiss JENA

ENERGETICA

ANUL 9 Nr. 1 IANUARIE 1961

CUPRINS

CZ 621.316.825.45

Mihăileanu C. : **O metodă de prezentare unitară a releelor de distanță și direcționale**

Se prezintă o metodă unitară de tratare a releelor ce au caracteristică liniară sau circulară în planul complex al impedanței sau al admitanței. Pornindu-se de la releul numit „de impedanță (admitanță) generalizată „se arată că toate releele de distanță și direcționale pot fi considerate ca derivînd din acesta. Analiza se face atît pe ecuația corespunzînd principiului comparativ al balanței, cît și pe ecuația cuplului rezultant. Se propune o nomenclatură menită să aducă o clarificare și să evite confuziile în tratarea problemelor de protecție de distanță.

Energetica, 9 (1961) nr. 1, p. 1—14

CZ 621.311.22

Dinulescu C. : **Încercări de pornire rapidă a unui cazan T.G. 170—1 după opriri la goluri de noapte**

Se descriu încercările de pornire rapidă făcute în vara anului 1960 asupra unui cazan de 170 *t/h* în centrala termoelectrică Fîntînele după opriri de 6 ore și de 30 ore. Rezultatele obținute confirmă datele din literatura de specialitate sovietică și au permis reducerea timpilor de încălzire prescriși prin instrucțiuni. Se indică și aparatajul necesar pentru porniri rapide în exploatarea curentă.

Energetica, 9 (1961) nr. 1, p. 14—19

CZ 662.933 : 662.642

Cazacu C. și *Pănoiu N.* : **Primele încercări de ardere în pat fluidizat cu cărbuni românești**

Articolul prezintă metoda de ardere în strat fluidizat și descrie primele încercări de ardere cu lignit de Schitu-Goleşti. Rezultatele acestor încercări sînt promițătoare, ele trebuie însă continuate pentru a se putea ajunge la o aplicație pe scară industrială a metodei.

Energetica 9 (1961), nr. 1, p. 19—25

CZ 621.316.264

Ionescu G. și *Ioniță Gh.* : **Construcția unei stații de redresare automatizată**

Articolul tratează proiectarea și realizarea constructivă a unei stații de redresare pentru tracțiunea electrică, executată recent. Se descriu principalele instalații electromecanice, modul în care a decurs execuția și rezultatele obținute la probe și în primele zile de exploatare.

Energetica 9 (1961), nr. 1, p. 26—31

CZ 621.327.42 : 628.972 : 625.4

Dinulescu D. I. : **Calculul iluminatului fluorescent**

Se dau indicațiile necesare proiectanților și utilizatorilor de instalații de iluminat cu tuburi fluorescente de fabricație românească „Electrofar" pentru localuri industriale.

Energetica 9 (1961), nr. 1, p. 31—34

CRONICA, p. 34—38

RECENZII, p. 39

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof ing. **I. D. STANCESCU**, redactor responsabil, conf. ing. **C. MIHAILEANU**, redactor responsabil adjunct, conf. ing. **I. A. BADEA**, prof. ing. **M. BERCOVICI**, membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, ing. **M. COGALNICEANU**, conf. ing. **E. CONSTANTINESCU**, ing. **P. DIMO**, laureat al Premiului de Stat, prof. ing. **C. DINCULESCU**, membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. **I. V. HERESCU**, conf. ing. **N MOLDOVEANU**, prof. ing. **C. PENESCU**, ing. **T. POPA**, ing. **S. SĂNDULESCU** și ing. **P. VICOL**

Revista „**ENERGETICA**", organ al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. și al Ministerului Industriei Grele. Redacția și administrația: București, Str. Ion Ghica Nr. 3 Raion Tudor Vladimirescu, Telefon 14.15.95—14.06.24. Revista este editată de A.S.I.T. — Abonamentele se primesc la administrația revistei, la sediul filialelor A. S. I. T. din întreaga țară și prin responsabilii cu presa din cercurile A.S.I.T. — Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinete tehnice în contul nostru de virament: Publicațiile Tehnice A.S.I.T. 070124 B.R.P.R. Filiala I. V. Stalin — București — Tarif pentru întreprinderi: lei 100 anual. — Tarif pentru muncitori, tehnicieni și ingineri: **lei 30 anual — Prețul unui exemplar**: lei 5 — Tiparul: Întreprinderea Poligrafică Nr. 2, București.

c. 4349

ENERGETICA

ANUL 9
1961
Nr. 1
IANUARIE

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.
ȘI AL MINISTERULUI INDUSTRIEI GRELE

MŰSZAKI KÖNYVTÁR-ORSZÁGOS

O metodă de prezentare unitară a releelor de protecție de distanță și direcționale

Conf. ing. *CĂLIN MIHĂILEANU*

1. Introducere

În tehnica protecției prin relee a liniilor electrice de înaltă tensiune, un loc de frunte îl ocupă în prezent releele de distanță. Într-un releu de distanță există un element de măsură în care se face comparația unor mărimi care provin la rîndul lor din combinarea între tensiunea și curentul pe linia protejată în punctul unde este montat releul. În funcție de rezultatul comparației releul blochează sau permite declanșarea întreruptorului respectiv cu o anumită temporizare. Elementele de pornire ale protecțiilor de distanță sînt adeseori de asemenea realizate pe baza principiului de măsură enunțat mai sus. În unele cazuri, protecțiile sînt completate de elemente direcționale, care trebuie să facă o discriminare suplimentară între cazurile în care energia se scurge de la barele stației către linia protejată sau invers.

Principiile pe care se bazează măsura distanței precum și dispozițiile constructive care s-au materializat în decursul timpului sînt numeroase și ca urmare a acestui fapt au fost elaborate căile analitice sau grafo-analitice de reprezentare a funcționării diferitelor tipuri de relee de distanță în vederea comparării performanțelor acestora.

În prezenta lucrare se expune un mod de tratare care permite o prezentare și o bază de studiu, unitare a celor mai răspîndite tipuri de relee de distanță și direcționale, indiferent de principiul lor constructiv.

2. Tipuri de relee analizate

Pentru clasificarea diferitelor tipuri de relee se folosește reprezentarea clasică a caracteristicei releului de protecție în planul complex al impedanței și în cel al admitanței.

S-au luat în considerare cele mai uzuale tipuri, adică toate cele care sînt reprezentate în aceste planuri complexe fie printr-o caracteristică circulară fie printr-o dreaptă. Nu s-au avut astfel în vedere releele cu caracteristică eliptică, hiperbolică sau altele a căror utilizare este de altfel extrem de rară.

Clasificarea acestor tipuri de relee este arătată în tabelul sinoptic nr. 1.

În coloana a doua a tabelului nr. 1 sînt indicate denumirile folosite în lucrare pentru diferitele tipuri de relee. Se constată că în timp ce pentru unele tipuri de relee există o denumire unanim recunoscută (tipurile nr. 8, 9 și 13), pentru altele există denumiri multiple (tipurile 4, 7, 10, 11 și 12) și în fine pentru rest se dau denumiri propuse de autor (tipurile nr. 1, 2, 3, 5 și 6) a căror justificare se va face mai departe.

3. Metode de analiză folosite

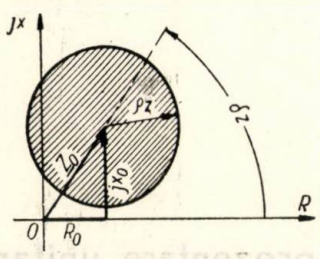
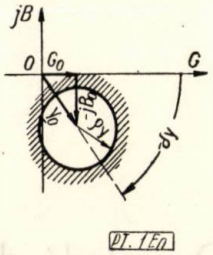
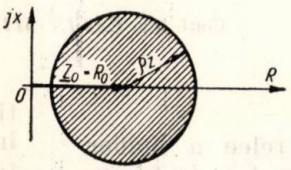
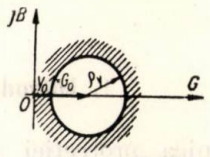
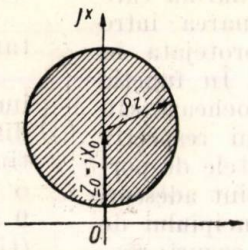
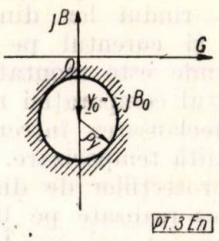
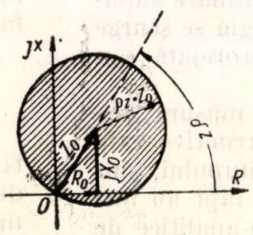
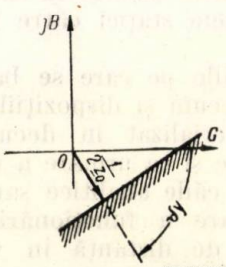
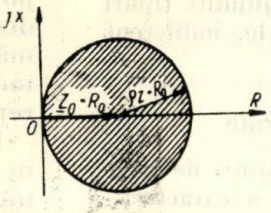
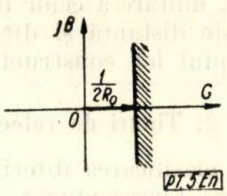
Cu toate că numărul de principii constructive folosite în realizarea practică a elementelor de măsură din releele de distanță este foarte mare, ele pot fi reduse principial la două variante principale și anume :

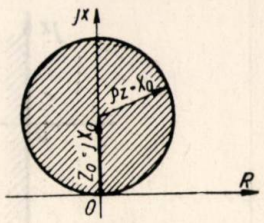
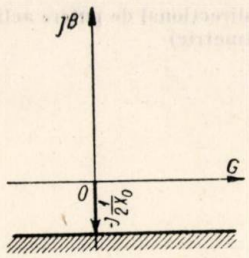
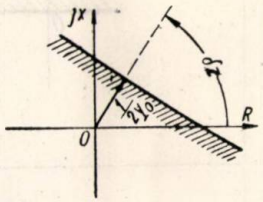
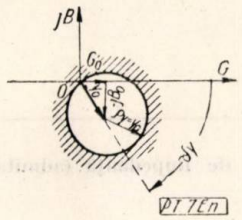
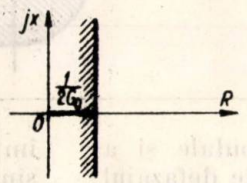
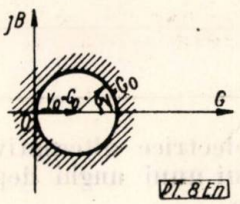
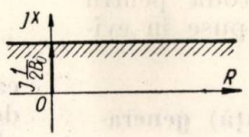
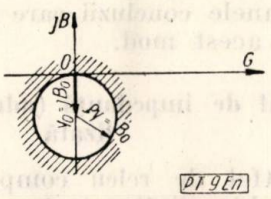
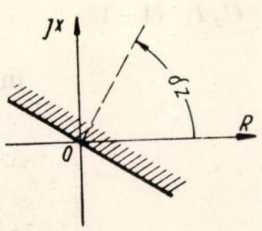
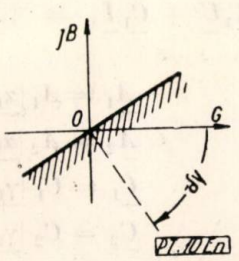
a) principiul balanței în care se compară fie forțele de atracție date de două bobine (balanță electromagnetică), fie doi curenți redresați (balanță magnetoelectrică sau cu releu polarizat), în toate aceste cazuri fiind vorba deci de compararea valorilor efective ale unor mărimi alternative sinusoidale, respectiv a modulelor mărimilor complexe prin care sînt reprezentate ;

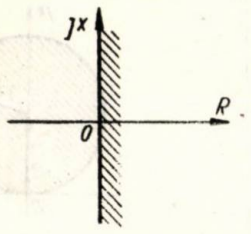
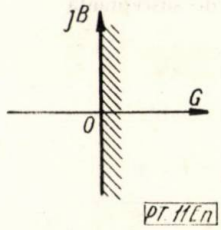
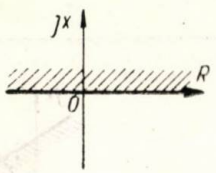
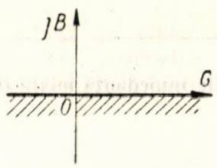
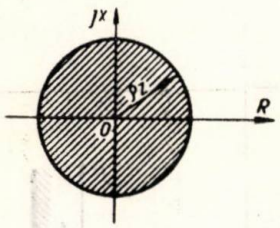
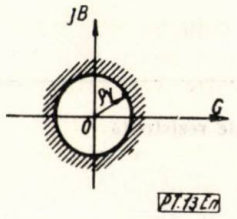
b) principiul inducției și cel electrodinamic în care se creează un cuplu, — sau suma mai multor cupluri de forțe — asupra unui ax, fiecare dintre acestea putînd fi făcut proporțional cu produsul valorilor efective a două

Tabela 1

Clasificarea tipurilor de relee analizate

Nr. crt.	Tipul releului	Caracteristica releului în	
		Planul complex al impedanţei	Planul complex al admitanţei
1	Releu de impedanţă (admitanţă) generalizată		
2	Releu de rezistenţă (conductanţă) generalizată		
3	Releu de reactanţă (susceptanţă) generalizată		
4	Releu de admitanţă mixtă (Mho)		
5	Releu de conductanţă		

Nr. crt.	Tipul releului	Caracteristica releului în	
		Planul complex al impedanței	Planul complex al admitanței
6	Releu de susceptanță		
7	Releu de impedanță mixtă (Ohm)		
8	Releu de rezistență		
9	Releu de reactanță		
10	Releu direcțional (de putere mixtă)		

Nr. crt.	Tipul releului	Caracteristica releului în	
		Planul complex al impedanței	Planul complex al admitanței
11	Releu direcțional de putere activă (Wattmetric)		
12	Releu direcțional de putere reactivă (Varmetric)		
13	Releu de impedanță (admitanță)		

mărimi electrice alternative sinusoidale și a cosinusului unui unghi depinzînd de defazajul dintre ele.

În cele ce urmează, vom analiza releele de distanță și direcționale pe baza primei metode, iar la sfîrșitul lucrării vom relua tratarea problemei prin cea de a doua metodă pentru a trage unele concluzii care sînt puse în evidență în acest mod.

4. Releul de impedanță (admitanță) generalizată

Un astfel de releu compară modulele a două combinații lineare între tensiunea $\underline{U}$ și curentul $\underline{I}$ aplicate releului. Ecuația sa de funcționare este deci:

$$|\underline{A}_1\underline{U} + \underline{C}_1\underline{I}| = |\underline{A}_2\underline{U} + \underline{C}_2\underline{I}| \quad (4-1)$$

în care:

$$\underline{A}_1 = A_1|\underline{\alpha_1}$$
$$\underline{A}_2 = A_2|\underline{\alpha_2}$$
$$\underline{C}_1 = C_1|\underline{\gamma_1}$$
$$\underline{C}_2 = C_2|\underline{\gamma_2}$$

sînt constante complexe; dacă A_1 și A_2 sînt fără dimensiune, C_1 și C_2 au dimensiunea unei impedanțe; iar dacă C_1 și C_2 sînt fără dimensiune, A_1 și A_2 au dimensiunea unei admitanțe.

Notăm cu:

$$\theta_1 = \alpha_1 - \gamma_1$$
$$\theta_2 = \alpha_2 - \gamma_2$$

Împărțind (4—1) cu $\underline{I}$ obținem:

$$|\underline{A}_1\underline{Z} + \underline{C}_1| = |\underline{A}_2\underline{Z} + \underline{C}_2| \quad (4-2)$$

care este ecuația reprezentînd caracteristica de funcționare a releului în planul complex al impedanței constatate de releu:

$$\underline{Z} = R + jX = Z|\underline{\varphi}$$

Această ecuație, rescrisă cartezian, reprezintă un cerc cu centrul deplasat față de origine (vezi fig. 1 a):

$$\boxed{R^2 + X^2 = 2R_0R + 2X_0X + D} \quad (4-3)$$

în care:

$$R_0 = \frac{-A_1C_1\cos\theta_1 + A_2C_2\cos\theta_2}{A_1^2 - A_2^2} \quad (4-4)$$

$$X_0 = \frac{A_1C_1\sin\theta_1 - A_2C_2\sin\theta_2}{A_1^2 - A_2^2} \quad (4-5)$$

$$D = -\frac{C_1^2 - C_2^2}{A_1^2 - A_2^2}. \quad (4-6)$$

Centrul cercului este în

$$\underline{Z}_0 = R_0 + jX_0 = Z_0 \lfloor \delta_z$$

cu :

$$\operatorname{tg} \delta_z = \frac{X_0}{R_0} = \frac{A_1 C_1 \sin \theta_1 - A_2 C_2 \sin \theta_2}{-A_1 C_1 \cos \theta_1 + A_2 C_2 \cos \theta_2} \quad (4-7)$$

Raza cercului este :

$$\rho_z = \sqrt{D + R_0^2 + X_0^2} =$$

$$= \frac{\sqrt{A_1^2 C_2^2 + A_2^2 C_1^2 - 2A_1 A_2 C_1 C_2 \cos(\theta_1 - \theta_2)}}{|A_1^2 - A_2^2|} . \quad (4-8)$$

Originea planului complex al impedanței e situată în interiorul sau exteriorul caracteristicei de funcționare, după cum :

$$\rho_z \gtrless Z_0 \quad (4-9)$$

Reluînd ecuația (4—1) și împărțind-o de astă dată la $\underline{U}$ obținem :

$$|\underline{A}_1 + \underline{C}_1 \underline{Y}| = |\underline{A}_2 + \underline{C}_2 \underline{Y}| \quad (4-10)$$

care este ecuația reprezentînd caracteristica de funcționare a aceluiași releu în planul complex al admitanței constatate de releu :

$$\underline{Y} = G - jB = Y \lfloor -\varphi$$

Ecuația (4—10) rescrisă cartezian, reprezintă de asemenea un cerc cu centrul deplasat față de origine (vezi fig. 1, *b*) :

$$\boxed{G^2 + B^2 = 2G_0 G + 2B_0 B + F} \quad (4-11)$$

în care :

$$G_0 = \frac{-A_1 C_1 \cos \theta_1 + A_2 C_2 \cos \theta_2}{C_1^2 - C_2^2} \quad (4-12)$$

$$B_0 = \frac{A_1 C_1 \sin \theta_1 - A_2 C_2 \sin \theta_2}{C_1^2 - C_2^2} \quad (4-13)$$

$$F = \frac{A_1^2 - A_2^2}{C_1^2 - C_2^2} . \quad (4-14)$$

Centrul cercului este în

$$\underline{Y}_0 = G_0 - jB_0 = Y_0 \lfloor -\delta_y$$

cu :

$$\operatorname{tg} \delta_y = \frac{B_0}{G_0} = \frac{A_1 C_1 \sin \theta_1 - A_2 C_2 \sin \theta_2}{-A_1 C_1 \cos \theta_1 + A_2 C_2 \cos \theta_2} = \operatorname{tg} \delta_z ; \quad (4-15)$$

deci :

$$\delta_y = \delta_z \quad (4-16)$$

Raza cercului este :

$$\rho_y = \sqrt{F + G_0^2 + B_0^2} =$$

$$= \frac{\sqrt{A_1^2 C_2^2 + A_2^2 C_1^2 - 2A_1 A_2 C_1 C_2 \cos(\theta_1 - \theta_2)}}{|C_1^2 - C_2^2|} . \quad (4-17)$$

Deci :

$$\frac{\rho_z}{\rho_y} = \frac{|C_1^2 - C_2^2|}{|A_1^2 - A_2^2|} . \quad (4-18)$$

5. Releul de rezistență (conductanță) generalizată

Se obține particularizînd releul de impedanță (admitanță) generalizată, așa ca :

$$A_1 C_1 \sin \theta_1 = A_2 C_2 \sin \theta_2 \quad (5-1)$$

În acest caz, din (4—4), (4—5) și (4—7) obținem :

$$R_0 = \frac{A_1 C_1}{A_1^2 - A_2^2} \cdot \frac{\sin(\theta_1 - \theta_2)}{\sin \theta_2} \quad (5-2)$$

$$X_0 = 0 \quad (5-3)$$

$$\operatorname{tg} \delta_z = 0 ; \quad \delta_z = 0 \quad (5-4)$$

Caracteristica releului în planul complex al impedanței Z este un cerc cu centrul deplasat față de origine, situat pe axa reală R (vezi fig. 2, *a*), de ecuație :

$$\boxed{R^2 + X^2 = 2 R_0 R + D} \quad (5-5)$$

Din (4—12) ; (4—13) și (4—15) cu (5—1) obținem :

$$G_0 = \frac{A_1 C_1}{C_1^2 - C_2^2} \cdot \frac{\sin(\theta_1 - \theta_2)}{\sin \theta_2} \quad (5-6)$$

$$B_0 = 0 \quad (5-7)$$

$$\operatorname{tg} \delta_y = 0 ; \quad \delta_y = \delta_z = 0 \quad (5-8)$$

Caracteristica releului în planul complex al admitanței $\underline{Y}$ este de asemenea un cerc cu centrul deplasat față de origine, situat pe axa reală G (vezi fig. 2, *b*), de ecuație :

$$\boxed{G^2 + B^2 = 2 G_0 G + F} \quad (5-9)$$

6. Releul de reactanță (susceptanță) generalizată

Se obține particularizînd releul de impedanță (admitanță) generalizată astfel ca :

$$A_1 C_1 \cos \theta_1 = A_2 C_2 \cos \theta_2 \quad (6-1)$$

În acest caz, din (4—4), (4—5) și (4—7) obținem :

$$R_0 = 0 \quad (6-2)$$

$$X_0 = \frac{A_1 C_1}{A_1^2 - A_2^2} \cdot \frac{\sin(\theta_1 - \theta_2)}{\cos \theta_2} \quad (6-3)$$

$$\operatorname{tg} \delta_z = \pm \infty ; \quad \delta_z = \pm \frac{\pi}{2} . \quad (6-4)$$

Caracteristica releului în planul complex al impedanței Z este un cerc cu centrul deplasat față de origine, situat pe axa imaginară jX (vezi fig. 3, *a*), de ecuație :

$$R^2 + X^2 = 2X_0X + D \qquad (6-5)$$

Din (4—12); (4—13) și (4—15) cu (6—1) obținem :

$$G_0 = 0 \qquad (6-6)$$

$$B_0 = \frac{A_1 C_1}{C_1^2 - C_2^2} \cdot \frac{\sin(\theta_1 - \theta_2)}{\cos\theta_2} \qquad (6-7)$$

$$\operatorname{tg}\delta_y = \pm\infty\,; \quad \delta_y = \delta_z = \pm\frac{\pi}{2}\cdot \qquad (6-8)$$

Caracteristica releului în planul complex al admitanței Y este de asemenea un cerc cu centrul deplasat față de origine, situat pe axa imaginară jB (vezi fig. 3, *b*), de ecuație :

$$G^2 + B^2 = 2B_0B + F \qquad (6-9)$$

7. Releul de admitanță mixtă

Acest tip de releu este un caz particular al releului de impedanță (admitanță) generalizată la care avem :

$$C_1 = C_2 = C. \qquad (7-1)$$

În acest caz relațiile (4—4) — (4—8) devin :

$$R_0 = \frac{C}{A_1^2 - A_2^2}(-A_1\cos\theta_1 + A_2\cos\theta_2) \qquad (7-2)$$

$$X_0 = \frac{C}{A_1^2 - A_2^2}(A_1\sin\theta_1 - A_2\sin\theta_2) \qquad (7-3)$$

$$D = 0 \qquad (7-4)$$

$$\operatorname{tg}\delta_z = \frac{X_0}{R_0} = \frac{A_1\sin\theta_1 - A_2\sin\theta_2}{-A_1\cos\theta_1 + A_2\cos\theta_2} \qquad (7-5)$$

$$\rho_z = \sqrt{D + R_0^2 + X_0^2} =$$

$$= \frac{C\sqrt{A_1^2 + A_2^2 - 2A_1A_2\cos(\theta_1 - \theta_2)}}{|A_1^2 - A_2^2|} = |\underline{Z_0}| \qquad (7-6)$$

Caracteristica releului în planul complex al impedanței $\underline{Z}$ este un cerc cu centrul deplasat față de origine și trecînd prin origine (vezi fig. 4, *a*), de ecuație [dedusă din (4—3) cu (7—4)]

$$R^2 + X^2 = 2R_0R + 2X_0X \qquad (7-7)$$

Relațiile (4—12) — (4—17) devin :

$$G_0 = B_0 = F = \pm\infty \qquad (7-8)$$

$$\operatorname{tg}\delta_y = \frac{B_0}{G_0} = \frac{A_1\sin\theta_1 - A_2\sin\theta_2}{-A_1\cos\theta_1 + A_2\cos\theta_2} = \operatorname{tg}\delta_z \qquad (7-9)$$

$$\delta_y = \delta z \qquad (7-10)$$

$$\rho_y = \infty \qquad (7-11)$$

Ecuația (4—11) se transformă în :

$$2R_0G + 2X_0B = 1 \qquad (7-12)$$

Prin urmare caracteristica releului de admitanță mixtă în planul complex al admitanței Y este o dreaptă, normală pe direcția caracterizată de unghiul $-\delta_y$ și situată la o distanță de $\frac{1}{2Z_0}$ de origine (vezi fig. 4,*b*).

8. Releul de conductanță

Poate fi considerat fie ca un caz particular al releului de admitanță mixtă la care $X_0 = 0$, fie ca un caz particular al releului de rezistență (conductanță) generalizată la care $C_1 = C_2 = C$, în ambele ipoteze ajungîndu-se la condiția :

$$A_1\sin\theta_1 = A_2\sin\theta_2 \qquad (8-1)$$

Din (7—2) — (7—6) obținem în acest caz :

$$R_0 = \frac{A_1C}{A_1^2 - A_2^2} \cdot \frac{\sin(\theta_1 - \theta_2)}{\sin\theta_2} \qquad (8-2)$$

$$X_0 = D = 0 \qquad (8-3)$$

$$\operatorname{tg}\delta_z = 0\,; \quad \delta_z = 0 \qquad (8-4)$$

$$\rho_z = |R_0| = \left|\frac{A_1C}{A_1^2 - A_2^2} \cdot \frac{\sin(\theta_1 - \theta_2)}{\sin\theta_2}\right| \qquad (8-5)$$

Caracteristica releului în planul complex al impedanței $\underline{Z}$ este un cerc cu centrul pe axa reală, trecînd prin origine (vezi fig. 5, *a*), de ecuație [dedusă din (7—7) cu (8—3)] :

$$R^2 + X^2 = 2R_0R \qquad (8-6)$$

Relațiile (7—8) și (7—11) rămîn valabile, iar (7—9) și (7—10) devin :

$$\operatorname{tg}\delta_y = 0 \qquad (8-7)$$

$$\delta_y = \delta_z = 0 \qquad (8-8)$$

Caracteristica releului de conductanță în planul complex al admitanței $\underline{Y}$ este o dreaptă verticală trecînd la o distanță de $\frac{1}{2R_0}$ de ori-

gine (vezi fig. 5, *b*). Ecuația ei (provenită din (7—12) cu (8—3) este :

$$\boxed{G = \frac{1}{2R_0}} \qquad (8-9)$$

9. Releul de susceptanță

Poate fi considerat fie ca un caz particular al releului de admitanță mixtă la care $R_0 = 0$, fie ca un caz particular al releului de reactanță (susceptanță) generalizată la care $C_1 = C_2 = C$, în ambele ipoteze ajungîndu-se la condiția :

$$A_1 \cos \theta_1 = A_2 \cos \theta_2 \qquad (9-1)$$

Din (7—2) — (7—6) se obține în acest caz :

$$R_0 = D = 0 \qquad (9-2)$$

$$X_0 = \frac{A_1 C}{A_1^2 - A_2^2} \cdot \frac{\sin (\theta_1 - \theta_2)}{\cos \theta_2} \qquad (9-3)$$

$$\operatorname{tg} \delta_z = \pm \infty ; \quad \delta_z = \pm \frac{\pi}{2} \qquad (9-4)$$

$$\rho_z = |X_0| = \left| \frac{A_1 C}{A_1^2 - A_2^2} \cdot \frac{\sin (\theta_1 - \theta_2)}{\cos \theta_2} \right| . \qquad (9-5)$$

Caracteristica releului în planul complex al impedanței $\underline{Z}$ este un cerc cu centrul pe axa imaginară, trecînd prin origine (vezi fig. 6, *a*), de ecuație [dedusă din (7—7) cu (9—2)] :

$$\boxed{R^2 + X^2 = 2X_0 X} \qquad (9-6)$$

Relațiile (7—8) și (7—11) rămîn valabile, iar (7—9) și (7—10) devin :

$$\operatorname{tg} \delta_y = \pm \infty \qquad (9-7)$$

$$\delta_y = \delta_z = \pm \frac{\pi}{2} . \qquad (9-8)$$

Caracteristica releului de susceptanță în planul complex al admitanței $\underline{Y}$ este o dreaptă orizontală trecînd la o distanță de $\frac{1}{2X_0}$ de origine (vezi fig. 6, *b*). Ecuația ei [dedusă din (7—12) cu (9—2)] este :

$$\boxed{B = \frac{1}{2X_0}} \qquad (9-9)$$

10. Releul de impedanță mixtă

Acest tip de releu este un caz particular al releului de impedanță (admitanță) generalizată la care avem :

$$A_1 = A_2 = A \qquad (10-1)$$

În acest caz relațiile (4—12) — (4—17) devin :

$$G_0 = \frac{A}{C_1^2 - C_2^2} (-C_1 \cos \theta_1 + C_2 \cos \theta_2) \qquad (10-2)$$

$$B_0 = \frac{A}{C_1^2 - C_2^2} (C_1 \sin \theta_1 - C_2 \sin \theta_2) \qquad (10-3)$$

$$F = 0 \qquad (10-4)$$

$$\operatorname{tg} \delta_y = \frac{B_0}{G_0} = \frac{C_1 \sin \theta_1 - C_2 \sin \theta_2}{-C_1 \cos \theta_1 + C_2 \cos \theta_2} \qquad (10-5)$$

$$\rho_y = \sqrt{F + G_0^2 + B_0^2} = \frac{A \sqrt{C^2 + C^2 - 2C_1 C_2 \cos (\theta_1 - \theta_2)}}{|C_1^2 - C_2^2|} = Y_0 \qquad (10-6)$$

Caracteristica releului în planul complex al admitanței $\underline{Y}$ este un cerc cu centrul deplasat față de origine și trecînd prin origine (vezi fig. 7, *b*), de ecuație [dedusă din (4—11) cu (10—4)] :

$$\boxed{G^2 + B^2 = 2G_0 G + 2B_0 B} \qquad (10-7)$$

Relațiile (4—4) — (4—8) devin :

$$R_0 = X_0 = D = \pm \infty \qquad (10-8)$$

$$\operatorname{tg} \delta_z = \frac{X_0}{R_0} = \frac{C_1 \sin \theta_1 - C_2 \sin \theta_2}{-C_1 \cos \theta_1 + C_2 \cos \theta_2} = \operatorname{tg} \delta_y \qquad (10-9)$$

$$\delta_z = \delta_y \qquad (10-10)$$

$$\rho_z = \infty \qquad (10-11)$$

Ecuația (4—3) se transformă în :

$$\boxed{2G_0 R + 2B_0 X = 1} \qquad (10-12)$$

Așadar, caracteristica releului de impedanță mixtă în planul complex al impedanței $\underline{Z}$ este o dreaptă, normală pe direcția caracterizată de unghiul δ_z și situată la o distanță de $\frac{1}{2Y_0}$ de origine (vezi fig. 7, *a*).

11. Releul de rezistență

Poate fi considerat fie ca un caz particular al releului de impedanță mixtă la care $B_0 = 0$, fie ca un caz particular al releului de rezistență (conductanță) generalizată la care $A_1 = A_2 = 0$, în ambele feluri ajungîndu-se la condiția :

$$C_1 \sin \theta_1 = C_2 \sin \theta_2 \qquad (11-1)$$

Din (10—2) — (10—6) rezultă în acest caz :

$$G_0 = \frac{AC_1}{C_1^2 - C_2^2} \cdot \frac{\sin(\theta_1 - \theta_2)}{\sin \theta_2} \qquad (11-2)$$

$$B_0 = F = 0 \qquad (11-3)$$

$$\operatorname{tg} \delta_y = 0 \; ; \; \delta_y = 0 \qquad (11-4)$$

$$\rho_y = |G_0| = \left| \frac{AC_1}{C_1^2 - C_2^2} \cdot \frac{\sin(\theta_1 - \theta_2)}{\sin \theta_2} \right| . \qquad (11-5)$$

Caracteristica releului în planul complex al admitanței $\underline{Y}$ este un cerc cu centrul deplasat față de origine pe axa reală și trecînd prin origine (vezi fig. 8, *b*), de ecuație [dedusă din (10—7) cu (11—3)] :

$$\boxed{G^2 + B^2 = 2 G_0 G} \qquad (11-6)$$

Relațiile (10—8) și (10—11) rămîn valabile, iar (10—9) și (10—10) devin :

$$\operatorname{tg} \delta_z = 0 \qquad (11-7)$$

$$\delta_z = \delta_y = 0 \qquad (11-8)$$

Caracteristica releului de rezistență în planul complex al impedanței $\underline{Z}$ este o dreaptă verticală trecînd la o distanță de $\frac{1}{2G_0}$ de origine (vezi fig. 8, *a*). Ecuația ei [provenită din (10—12) cu (11—3)] este :

$$\boxed{R = \frac{1}{2G_0}} \qquad (11-9)$$

12. Releul de reactanță

Poate fi considerat fie ca un caz particular al releului de impedanță mixtă la care $G_0 = 0$, fie ca un caz particular al releului de reactanță (conductanță) generalizată, la care $A_1 = A_2 = A$, în ambele moduri ajungîndu-se la condiția :

$$C_1 \cos \theta_1 = C_2 \cos \theta_2 \qquad (12-1)$$

Din (10—2) — (10—6) obținem în acest caz :

$$G_0 = F = 0 \qquad (12-2)$$

$$B_0 = \frac{AC_1}{C_1^2 - C_2^2} \cdot \frac{\sin(\theta_1 - \theta_2)}{\cos \theta_2} \qquad (12-3)$$

$$\operatorname{tg} \delta_y = \pm \infty \; ; \; \delta_y = \pm \frac{\pi}{2} \qquad (12-4)$$

$$\rho_y = |B_0| = \left| \frac{AC_1}{C_1^2 - C_2^2} \cdot \frac{\sin(\theta_1 - \theta_2)}{\cos \theta_2} \right| \qquad (12-5)$$

Caracteristica releului în planul complex al admitanței $\underline{Y}$ este un cerc cu centrul deplasat față de origine pe axa imaginară și trecînd prin origine (vezi fig. 9, *b*), de ecuație [dedusă din (10—7) cu (12—2)] :

$$\boxed{G^2 + B^2 = 2 B_0 B} \qquad (12-6)$$

Relațiile (10—8) și (10—11) rămîn valabile, iar (10—9) și (10—10) devin :

$$\operatorname{tg} \delta_z = \pm \infty \qquad (12-7)$$

$$\delta_z = \delta_y = \pm \frac{\pi}{2} \qquad (12-8)$$

Caracteristica releului de reactanță în planul complex al impedanței $\underline{Z}$ este o dreaptă orizontală trecînd la o distanță de $\frac{1}{2B_0}$ de origine (vezi fig. 9, *a*). Ecuația ei (provenită din (10—12) cu (12—2) este :

$$\boxed{X = \frac{1}{2B_0}} \qquad (12-9)$$

13. Releul direcțional

Se obține :

a) fie particularizînd releul de impedanță (admitanță) generalizată așa ca $D = F = 0$;

b) fie particularizînd releul de admitanță mixtă așa ca $F = 0$;

c) fie particularizînd releul de impedanță mixtă, așa ca $D = 0$.

În toate trei cazurile se ajunge la condițiile

$$A_1 = A_2 = A \text{ și} \qquad (13-1)$$

$$C_1 = C_2 = C \qquad (13-2)$$

Din (4—4) — (4—8) și (4—12) — (4—17) se obține cu (13—1) și (13—2) :

$$R_0 = X_0 = G_0 = B_0 = \pm \infty \qquad (13-3)$$

$$\rho_z = \rho_y = \infty \qquad (13-4)$$

$$\operatorname{tg} \delta_z = \frac{\sin \theta_1 - \sin \theta_2}{-\cos \theta_1 + \cos \theta_2} = \operatorname{tg} \delta_y \qquad (13-5)$$

$$\delta_z = (2K + 1) \frac{\pi}{2} - \frac{\theta_1 + \theta_2}{2} = \delta_y \qquad (13-6)$$

Ecuațiile (4—3) și (4—11) devin :

$$\boxed{(\cos \theta_1 - \cos \theta_2) R + (-\sin \theta_1 + \sin \theta_2) X = 0} \qquad (13-7)$$

și

$$\boxed{(\cos \theta_1 - \cos \theta_2) G + (-\sin \theta_1 + \sin \theta_2) B = 0} \qquad (13-8)$$

Deci, caracteristica releului direcțional este atît în planul complex al impedanței $\underline{Z}$ cît și în al admitanței $\underline{Y}$ o dreaptă trecînd prin origine și normală la direcția caracterizată de unghiul δ_z respectiv $-\delta_y = -\delta_z$.

14. Releul direcțional de putere activă

Se poate obține :

a) fie particularizînd releul de rezistență (conductanță) generalizată așa ca $D = F = 0$;

b) fie particularizînd releul de conductanță așa ca $F = 0$;

c) fie particularizînd releul de rezistență așa ca $D = 0$.

În toate trei cazurile se ajunge la condițiile :

$$\sin \theta_1 = \sin \theta_2 \qquad (14-1)$$

și

$$\cos \theta_1 \neq \cos \theta_2, \qquad (14-2)$$

adică împreună :

$$\theta_1 + \theta_2 = (2K + 1)\,\pi \qquad (14-3)$$

În plus rămîn valabile condițiile (13—1) și (13—2).

Rezultă că pe lîngă (13—3) și (13—4), mai avem din (13—5) și (13—6) :

$$\operatorname{tg} \delta_z = \operatorname{tg} \delta_y = 0 \qquad (14-4)$$

$$\delta_z = \delta_y = 0 \qquad (14-5)$$

Ecuațiile (13—7) și (13—8) devin :

$$\boxed{R = 0} \qquad (14-6)$$

și

$$\boxed{G = 0} \qquad (14-7)$$

Rezultă deci că atît în planul complex al impedanței Z cît și în cel al admitanței Y, releul direcțional de putere activă are o caracteristică reprezentată de axa imaginară.

15. Releul direcțional de putere reactivă

Se poate obține :

a) fie particularizînd releul de reactanță (susceptanță) generalizată așa ca $D = F = 0$;

b) fie particularizînd releul de susceptanță așa ca $F = 0$;

c) fie particularizînd releul de reactanță așa ca $D = 0$.

În toate trei cazurile se ajunge la condițiile :

$$\cos \theta_1 = \cos \theta_2 \qquad (15-1)$$

și

$$\sin \theta_1 \neq \sin \theta_2 \qquad (15-2)$$

adică împreună :

$$\theta_1 = \theta_2 = 2K\pi \qquad (13-3)$$

În plus rămîn valabile condițiile (13—1) și (13—2).

Rezultă că, pe lîngă (13—3) și (13—4), mai avem din (13—5) și (13—6) :

$$\operatorname{tg} \delta_z = \operatorname{tg} \delta_y = \pm \infty \qquad (15-4)$$

$$\delta_z = \delta_y = \pm \frac{\pi}{2} \cdot \qquad (15-5)$$

Ecuațiile (13—7) și (13—8) devin :

$$\boxed{X = 0} \qquad (15-6)$$

și

$$\boxed{B = 0} \qquad (15-7)$$

Rezultă deci, că atît în planul complex al impedanței Z cît și în cel al admitanței Y, releul direcțional de putere reactivă are o caracteristică reprezentată de axa reală.

16. Releul de impedanță (admitanță)

Se obține particularizînd releul de impedanță (admitanță) generalizată așa ca $Z_0 = 0$ și $Y_0 = 0$.

În acest caz trebuie să avem :

$$R_0 = X_0 = G_0 = B_0 = 0, \qquad (16-1)$$

adică din (4—4) (4—5) (4—12) și (4—13) :

$$A_1 C_1 \cos \theta_1 = A_2 C_2 \cos \theta_2 \text{ și} \qquad (16-2)$$

$$A_1 C_1 \sin \theta_1 = A_2 C_2 \sin \theta_2 \qquad (16-3)$$

Deci de aci rezultă ca necesar :

$$A_1 C_1 = A_2 C_2 \text{ și} \qquad (16-4)$$

$$\theta_2 = \theta_1 + 2K\pi \qquad (16-5)$$

(4—6) și (4—14) devin :

$$D = \frac{C_2^2}{A_1^2} = \frac{C_1^2}{A_2^2} \qquad (16-6)$$

$$F = \frac{A_1^2}{C_2^2} = \frac{A_2^2}{C_1^2} = \frac{1}{D} \cdot \qquad (16-7)$$

Din (4—8) și (4—17) se obține :

$$\rho_z = \sqrt{D} = \frac{C_2}{A_1} = \frac{C_1}{A_2} \cdot \qquad (16-8)$$

și

$$\rho_y = \sqrt{F} = \frac{A_1}{C_2} = \frac{A_2}{C_1} \cdot \qquad (16-9)$$

Din (4—18) rezultă :

$$\frac{\rho_z}{\rho_y} = \sqrt{\frac{D}{F}} = D = \frac{1}{F} = \frac{C_2^2}{A_1^2} = \frac{C_1^2}{A_2^2}. \qquad (16-10)$$

Ecuațiile (4—3) și (4—11) devin :

$$R^2 + X^2 = \frac{C_2^2}{A_1^2} \qquad (16-11)$$

și

$$G^2 + B = \frac{A_1^2}{C_2^2} \qquad (16-12)$$

Se constată că releul de impedanță (admitanță) are atît în planul complex al impedanței Z cît și în cel al admitanței Y drept caracteristică un cerc cu centrul în origine.

17. Privire generală asupra rezultatelor analizei caracteristicii releelor scrisă pe principiul balanței

Din analiza făcută la pct 4—16 rezultă că toate cele treisprezece tipuri de relee studiate derivă din releul de impedanță (admitanță) generalizată, a cărui ecuație de funcționare este dată sub (4—1).

Această ecuație (4—1) depinde de 8 parametri (A_1, A_2, C_1, C_2, α_1, α_2, γ_1, γ_2) respectiv 6 parametri (A_1, A_2, C_1, C_2, θ_1, θ_2). Dintre aceștia pot fi aleși în mod arbitrar 5, — respectiv 3 — parametri iar restul de 3 parametri sînt cei care determină caracteristica de funcționare a releului. Această alegere arbitrară este totuși limitată, în sensul de a nu fi satisfăcută nici una din condițiile (5—1), (6—1), (7—1) sau (10—1), deoarece în caz contrar releul de impedanță (admitanță) generalizată degenerează în unul dintre celelalte 12 tipuri de relee. În tabelul nr. 2 se arată ce condiții trebuie respectate de parametri pentru a obține diferitele tipuri de relee studiate și cum aceste condiții restrîng numărul parametrilor ce determină caracteristica acestora, o dată ce tipul de releu este stabilit. Pentru a realiza o caracteristică de releu de un anumit tip, dată în planul complex al impedanței Z sau în cel al admitanței Y, se procedează în modul următor :

a) se stabilesc în mod arbitrar valorile a 5, — respectiv 3 — parametri nedeterminanți ;

b) se introduc valorile lor în ecuațiile (4—4) ; (4—5) ;(4—8) sau (4—12) ; (4—13) ; (4—17) respectiv transformatele lor pentru tipul de releu considerat ;

c) se scriu ecuațiile suplimentare caracteristice tipului de releu conform tabelei nr. 2 ;

d) se rezolvă sistemul de ecuații astfel obținut, deducîndu-se valoarea parametrilor determinanți pentru caracteristica dată a releului.

Tabela 2

Nr. crt.	Tipul de releu	Numărul total de parametri	Numărul de param. arbitrari	Condiții necesare pt. param.	Numărul parametrilor ce determ. caracterist. releului
1	Releu de impedanță (admitanță) generalizată	6	3	0	3
2	Releu de rezistență (conductanță) generalizată	6	3	$(5-1)A_1C_1\sin\theta_1 = A_2C_2\sin\theta_2$	2
3	Releu de reactanță (susceptanță) generalizată	6	3	$(6-1)A_1C_1\cos\theta_1 = A_2C_2\cos\theta_2$	2
4	Releu de admitanță mixtă	6	3	$(7-1)C_1 = C_2 = C$	2
5	Releu de conductanță	6	3	(5 — 1) și (7 — 1)	1
6	Releu de susceptanță	6	3	(6 — 1) și (7 — 1)	1
7	Releu de impedanță mixtă	6	3	(10 — 1) $A_1 = A_2 = A$	2
8	Releu de rezistență	6	3	(5 — 1) și (10 — 1)	1
9	Releu de reactanță	6	3	(6 — 1) și (10 — 1)	1
10	Releu direcțional (de putere mixtă)	6	3	(7 — 1) și (10 — 1)	1
11	Releu direcțional de putere activă (Wattmetric)	6	3	(5 — 1) ; (7 — 1) ; (10 — 1)	0
12	Releu direcțional de putere reactivă (Varmetric)	6	3	(6 — 1) ; (7 — 1) ; (10 — 1)	0
13	Releu de impedanță (admitanță)	6	3	(5 — 1) și (6 — 1)	1

Problema practică ce se pune este de a ști ce trebuie să compare balanța în cazul fiecărui tip de releu. În acest scop vom analiza ce formă ia ecuația (4—1) pentru fiecare tip de releu în parte și vom interpreta rezultatele.

17.1. *Releul de impedanță (admitanță) generalizată.* Se poate arăta ușor că ecuația (4—1) poate fi pusă sub una din următoarele forme :

$$|mU + Z'I| = |U + Z''I| \qquad (17-1_1)$$

$$|Y'U + nI| = |Y''U + I| \qquad (17-1_2)$$

Aceste ecuații arată că tipul de releu considerat se poate obține :

a) fie comparînd un multiplu al tensiunii U însumat cu căderea de tensiune produsă de trecerea curentului I printr-o impedanță dată Z', cu suma dintre tensiunea U și căderea de tensiune provocată de trecerea curentului I printr-o altă impedanță dată Z'' ;

b) fie comparînd un multiplu al curentului I însumat cu curentul produs de tensiunea U aplicată unei admitanțe date Y', cu suma curentului I și al curentului produs de tensiunea U aplicată unei alte admitanțe date Y''.

Dintre parametrii m, R', R'', X' X'', — respectiv n, G', G'', B', B'' doar trei sînt determinanți pentru caracteristica releului conform celor arătate în tabela 2.

17.2. *Releul de rezistență (conductanță) generalizată.* Ecuația releului este :

$$|mU + R'I| = |U + R''I| \qquad (17-2_1)$$

sau

$$|G'U + nI| = |G''U + I| \qquad (17-2_2)$$

Față de cazul precedent impedanțele Z' și Z'' — resp. admitanțele Y' și Y'', — se reduc la simple rezistențe, respectiv conductanțe.

Dintre parametrii m, R', R'', — respectiv n, G', G'' — doar doi sînt determinanți.

17.3. *Releul de reactanță (susceptanță) generalizată.* Ecuația releului este :

$$|mU + \mathrm{j}X'I| = |U + \mathrm{j}X''I| \qquad (17-3_1)$$

sau

$$|\mathrm{j}B'U + nI| = |\mathrm{j}B''U + I| \qquad (17-3_2)$$

Față de cazul de la 17.1, impedanțele Z' și Z'', respectiv admitanțele Y' și Y'', sînt simple reactanțe, respectiv susceptanțe.

Dintre parametrii m, X' și X'' — respectiv n, B', B'' — doar doi sînt determinanți.

17.4. *Releul de admitanță mixtă.* Ecuația releului este :

$$|Y'U + I| = |Y''U + I| \qquad (17-4)$$

Acest tip de releu se obține comparînd rezultatele însumării curentului I cu curenții produși de tensiunea U printr-o admitanță Y', — respectiv Y'' — date.

Dintre parametrii G', G'', B', B'', doar doi sînt determinanți.

17.5. *Releul de conductanță.* Ecuația releului este :

$$|G'U + I| = |G''U + I| \qquad (17-5)$$

Față de cazul 17.4 admitanțele Y' și Y'' se reduc la simple conductanțe.

Parametrul unic determinant este suma $G' + G''$.

17.6. *Releul de susceptanță.* Ecuația releului este :

$$|\mathrm{j}B'U + I| = |\mathrm{j}B''U + I| \qquad (17-6)$$

Față de cazul 17.4 admitanțele Y' și Y'' sînt simple susceptanțe.

Parametrul unic determinant este suma $B' + B''$.

17.7. *Releul de impedanță mixtă.* Ecuația releului este :

$$|U + Z'I| = |U + Z''I| \qquad (17-1)$$

Acest tip de releu se obține comparînd rezultatele însumării tensiunii U cu căderile de tensiune obținute de trecerea curentului I prin cîte o impedanță Z' — respectiv Z'' — date.

Dintre parametrii R', R'', X', X'' doar doi sînt determinanți.

17.8. *Releul de rezistență.* Ecuația releului este :

$$|U + R'I| = |U + R''I| \qquad (17-8)$$

Față de cazul 17.7 impedanțele Z' și Z'' se reduc la simple rezistențe.

Parametrul unic determinant este suma $R' + R''$.

17.9. *Releul de reactanță.* Ecuația releului este :

$$|U + \mathrm{j}X'I| = |U + \mathrm{j}X''I| \qquad (17-9)$$

Față de cazul 17.7 impedanțele Z' și Z'' se reduc la simple reactanțe :

Parametrul unic determinant este suma $X' + X''$.

17.10. *Releul direcțional (de putere mixtă).* Ecuația releului este :

$$|U + Z'|-\theta_1 I| = |U + Z'|-\theta_2 I| \qquad (17-10_1)$$

sau

$$|Y'|\theta_1 U + I| = |Y''|\theta_2 U + I| \qquad (17-10_2)$$

Principiul releului este : fie cel al releului de admitanță mixtă (17—4) la care cele 2 admitanțe se aleg de aceeași valoare Y' dar de unghiuri interne diferite θ_1 și θ_2 ; fie cel al releului de impedanță mixtă (17—7) la care cele 2 impedanțe se aleg de aceeași valoare Z' dar de unghiuri interne diferite θ_1 și θ_2.

Valoarea Y', respectiv Z', este indiferentă (Y' și Z' nu sînt parametri) iar din parametrii θ_1 și θ_2 se formează unicul parametru determinant $\theta_1 + \theta_2$.

17.11. *Releul direcțional de putere activă (wattmetric)*. Ecuația releului este :

$$|\underline{U} + R'\underline{I}| = |\underline{U} - R'\underline{I}| \quad (17-11_1)$$

sau

$$|\underline{I} + G'\underline{U}| = |\underline{I} - G'\underline{U}| \quad (17-11_2)$$

Tipul acesta de releu se poate obține :

a) fie comparînd suma și diferența între tensiunea U și căderea de tensiune provocată de trecerea curentului I printr-o rezistență oarecare ;

b) fie comparînd suma și diferența între curentul I și curentul produs de tensiunea U printr-o conductanță oarecare G'.

Valoarea lui R' — respectiv G' — este indiferentă (R' și G' nu sînt parametri) deci nu există nici un parametru determinant.

17.12. *Releul direcțional de putere reactivă (varmetric)*. Ecuația releului este :

$$|\underline{U} + \mathrm{j}X'\underline{I}| = |\underline{U} - \mathrm{j}X'\underline{I}| \quad (17-12_1)$$

sau

$$|\underline{I} + \mathrm{j}B'\underline{U}| = |\underline{I} - \mathrm{j}B'\underline{U}| \quad (17-12_2)$$

Principiul releului este similar celui precedent (17—11) cu deosebirea că în loc de o rezistență R' (respectiv conductanță G') avem o reactanță X' (respectiv susceptanță B'). Nici în acest caz nu există parametru determinant.

17.13. *Releul de impedanță (admitanță)*. Ecuațiile cele mai generale ale releului sînt :

$$|m\underline{U} + \underline{Z'}\underline{I}| = |\underline{U} + m\underline{Z'}\underline{I}| \quad (17-13_1)$$

sau

$$|n\underline{I} + \underline{Y'}\underline{U}| = |n\underline{Y'}\underline{U} + \underline{I}| \quad (17-13_2)$$

Din aceste ecuații se vede că un releu de impedanță (admitanță) se poate realiza pe principiul releului de impedanță (admitanță) generalizată (17—1), făcînd impedanța $\underline{Z''}$ de m ori mai mare ca impedanța $\underline{Z'}$, ambele avînd același unghiu intern de defazaj ; respectiv făcînd admitanța $\underline{Y''}$ de n ori mai mare ca admitanța $\underline{Y'}$, ambele avînd același unghi intern.

Se vede însă ușor că în acest caz m și n nu sînt parametri de care depinde caracteristica releului ; făcînd $m = 0$ sau $m = \infty$ în ecuația (17—13_1), respectiv $n = 0$ sau $n = \infty$ în ecuația (17—13_2), obținem ecuațiile simplificate ale releului de impedanță (admitanță)

$$|\underline{U}| = |\underline{Z'}\underline{I}| \quad (17-13_3)$$

sau

$$|\underline{I}| = |\underline{Y'}\underline{U}| \quad (17-13_4)$$

Din aceste ecuații rezultă principiul binecunoscut al acestui releu : fie comparația tensiunii U cu căderea de tensiune produsă de trecerea curentului I printr-o impedanță Z' ; fie comparația curentului I cu curentul produs prin aplicarea tensiunii U asupra unei admitanțe Y'.

Parametrul determinant unic este valoarea modulului impedanței Z' respectiv admitanței Y', unghiul lor intern fiind indiferent (nefiind parametru).

18. Analiza pe baza ecuației cuplurilor

S-a arătat la 3* că pentru releele de distanță și direcționale realizate pe principiul inducției sau pe principiul electrodinamic analiza trebuie efectuată pe baza ecuației cuplurilor.

Reluînd ecuația (4—1) a releului de impedanță (admitanță) generalizată ea poate fi rescrisă sub forma :

$$K_1U^2 + K_2I^2 + K_3UI\cos\varphi + K_4UI\sin\varphi = 0 \quad (18-1)$$

în care :

$$K_1 = A_1^2 - A_2^2 \quad (18-2)$$

$$K_2 = C_1^2 - C_2^2 \quad (18-3)$$

$$K_3 = 2(A_1C_1\cos\theta_1 - A_2C_2\cos\theta_2) \quad (18-4)$$

$$K_4 = 2(-A_1C_1\sin\theta_1 + A_2C_2\sin\theta_2) \quad (18-5)$$

Din această ecuație (18—1) se vede că releul de impedanță (admitanță) generalizată se poate obține din însumarea a patru cupluri :

— un cuplu proporțional cu pătratul tensiunii,

— un cuplu proporțional cu pătratul curentului,

— un cuplu proporțional cu puterea activă P,

— un cuplu proporțional cu puterea reactivă Q,

(de fapt ultimele două cupluri se pot combina într-un cuplu unic proporțional cu puterea mixtă $S_m = K_3P + K_4Q$).

Releul depinde deci de 4 parametri dintre care unul poate fi ales în mod arbitrar iar ceilalți trei sînt determinanți, concluzie identică cu cea găsită la 17* prin cealaltă metodă de analiză.

În tabelul nr. 3 se arată care sînt condițiile particularizante și ecuațiile cuplurilor ce caracterizează fiecare tip de releu în parte. Se poate constata corespondența perfectă ce există între tabelele nr. 2 și nr. 3, respectiv între rezultatele analizei efectuate prin ambele metode.

19. Concluzii

În prezenta lucrare se face o prezentare unitară și completă a releelor de distanță și direcționale cu caracteristică liniară sau circulară în planul complex al impedanței $\underline{Z}$ sau în cel al admitanței $\underline{Y}$.

Tabela 3

Nr. crt.	Tipul de releu	Numărul total de param.	Numărul de param. arbitr.	Condiții necesare pt. param.	Numărul param. ce determ. caract. releului	Ecuația cuplurilor
1	Releu de impedanță (admitanță) generalizată	4	1	$\begin{matrix}0\\1\end{matrix}$	3	$K_1U^2 + K_2I^2 + K_3P + K_4Q=0$
2	Releu de rezistență (conductanță) generalizată	4	1	$\begin{matrix}K_4 = 0\\1\end{matrix}$	2	$K_1U^2 + K_2I^2 + K_3P = 0$
3	Releu de reactanță (susceptanță) generalizată	4	1	$\begin{matrix}K_3 = 0\\1\end{matrix}$	2	$K_1U^2 + K_2I^2 + K_4Q = 0$
4	Releu de admitanță mixtă	4	1	$\begin{matrix}K_2 = 0\\2\end{matrix}$	2	$K_1U^2 + K_3P + K_4Q = 0$
5	Releu de conductanță	4	1	$\begin{matrix}K_2 = K_4 = 0\\2\end{matrix}$	1	$K_1U^2 + K_3P = 0$
6	Releu de susceptanță	4	1	$\begin{matrix}K_2 = K_3 = 0\\1\end{matrix}$	1	$K_1U^2 + K_4Q = 0$
7	Releu de impedanță mixtă	4	1	$\begin{matrix}K_1 = 0\\2\end{matrix}$	2	$K_2I^2 + K_3P + K_4Q = 0$
8	Releu de rezistență	4	1	$\begin{matrix}K_1 = K_4 = 0\\2\end{matrix}$	1	$K_2I^2 + K_3P = 0$
9	Releu de reactanță	4	1	$\begin{matrix}K_1 = K_3 = 0\\2\end{matrix}$	1	$K_2I^2 + K_4Q = 0$
10	Releu direcțional (de putere mixtă)	4	1	$\begin{matrix}K_1 = K_2 = 0\\3\end{matrix}$	1	$K_3P + K_4Q = 0$ sau $S_m = 0$
11	Releu direcțional de putere activă (Wattmetric)	4	1	$\begin{matrix}K_1 = K_2 = K_4 = 0\\1\end{matrix}$	0	$P = 0$
12	Releu direcțional de putere reactivă (Varmetric)	4	1	$\begin{matrix}K_1=K_2=K_3=0\\2\end{matrix}$	0	$Q = 0$
13	Releu de impedanță (admitanță)	4	1	$K_3 = K_4 = 0$	1	$K_1U^2 + K_2I^2 = 0$

Aceste relee sînt caracterizate fie printr-o ecuație de tipul :

$$M = \text{Ct} \qquad (19-1)$$

fie printr-o ecuație de tipul :

$$M = 0 \qquad (19-2)$$

în care M este o mărime electrică ce depinde de tensiunea și curentul aplicate releului.

Din prima categorie fac parte :

— releul de admitanță mixtă pentru care

$$M = Y_m = K_1G + K_2B$$

— releul de conductanță pentru care $M = G$
— releul de susceptanță pentru care $M = B$
— releul de impedanță mixtă pentru care

$$M = Z_m = K_1R + K_2X$$

— releul de rezistență pentru care $M = R$
— releul de reactanță pentru care $M = X$
— releul de impedanță (admitanță) pentru care

$$M = Z \text{ sau } M = Y$$

Aceste relee se denumesc prin mărimea care este menținută constantă conform ecuației lor caracteristice.

Considerăm că acest mod de denumire a lor este preferabil altor sisteme cum sînt cel bazat pe proprietățile geometrice ale caracteristicei, deoarece ar mai trebui precizat în acest caz și în ce plan este considerată caracteristica respectivă. Astfel, de pildă releul de admitanță mixtă este reprezentat printr-un cerc trecînd prin origine în planul Z, dar în planul Y e reprezentat printr-o dreaptă. La releul de impedanță mixtă situația e inversă.

De asemenea ni se pare nepotrivită practica americană de a denumi releele de impedanță mixtă sau admitanță mixtă după numele unităților de măsură ale impedanței sau admitanței (relee de tip „Ohm" sau „Mho").

Este totodată necesară precizarea de „impedanță mixtă" sau „admitanță mixtă" pentru releele de tipul respectiv. Adesea se numesc releele de admitanță mixtă relee de admitanță, prin opoziție cu releele de impedanță. Această nomenclatură este lipsită de vreo justificare logică, cu atît mai mult cu cît un releu de impedanță este totodată și releu de admitanță (dacă $Z = \text{ct}$ și $Y = \text{ct}$).

Releele din cea de-a doua categorie [cele ce satisfac o ecuație de tipul (19—2)] sînt releele direcționale.

Pentru releul direcțional de tipul general $M = Y_m$ sau $M = Z_m$. Dar deoarece $M = 0$ se poate spune și $S_m = 0$.

Ele fac deci o discriminare între cazurile cînd semnul (și deci sensul față de un anumte sens considerat în mod arbitrar ca pozitiv și anume cel de la bare în afară) puterii mixte este pozitiv sau negativ. De aci denumirea de relee direcționale, care însă, după părerea

noastră, trebuie completată cu cuvintele „de putere mixtă" pentru a avea o semnificație completă.

În mod analog, considerăm ca potrivită denumirea de „relee direcționale de putere activă" și „reactivă" pentru releele la care $M = G$ sau $M = R$ (și deci și $M = P$), respectiv $M = B$ sau $M = X$ (și deci și $M = Q$). Denumirile de „wattmetric" respectiv „varmetric" nu sînt coerente cu modul de prezentare folosit în lucrare și cu nomenclatura propusă.

Toate releele enumerate mai sus provin din particularizarea releelor numite în această lucrare de tip „generalizat", caracterizate prin cercuri deplasate față de origine atît în planul Z cît și în planul Y.

Nomenclatura propusă se pretează ușor pentru adaptare în toate limbile de mare circulație tehnică.

În plus se pot folosi și simboale pentru tipurile de relee studiate care de asemenea ar putea fi adoptate ca limbaj tehnic internațional și anume :

Tipul releului	Simbol
Releu de distanță de impedanță (admitanță) generalizată	$Z_g(Y_g)$
Idem de rezistență (conductanță) generalizată	$Rg(Gg)$
Idem de reactanță (susceptanță) generalizată	$Xg(Bg)$
Idem de admitanță mixtă	Ym
Idem de conductanță	G
Idem de susceptanță	B
Idem de impedanță mixtă	Z_m
Idem de rezistență	R
Idem de reactanță	X
Idem de impedanță (admitanță)	$Z(Y)$
Releu direcțional de putere mixtă	S_m
Idem de putere activă	P
Idem de putere reactivă	Q

Bibliografie

[1] G. I. Atabekov: *Teoreticeschie osnovi releinoi zaşciti vîsokovoltnih setei*, Gosenergoizdat 1957.

[2] A. R. van C. Warrington: *Application of the Ohm and Mho Principles to Protective Relays*, El. Eng. nr. 6, 1946

[3] H. Neugebauer: *Selektivschutz*, 1958.

Încercări de pornire rapidă a unui cazan T. G. 170–1* după opriri la goluri de noapte

Ing. *C. DINULESCU*

În luna iunie 1960 s-au făcut în centrala termoelectrică Fîntînele încercări de pornire rapidă la un cazan de 170 t/h, după opriri de 6 ore și de 30 ore. În cele ce urmează se arată rezultatele acestor încercări.

I. Obiectul încercărilor

Principalele obiective ale încercărilor au fost :

1. Verificarea relațiilor dintre viteza de încălzire și diferențele de temperatură care provoacă solicitări anormale.

2. Stabilirea unui regim de încălzire care să conducă la timpul cel mai scurt de pornire, fără să provoace solicitări anormale în tamburi și supraîncălzitor.

3. Stabilirea eventualelor modificări de adus pentru a face posibilă pornirea rapidă.

4. Precizarea criteriilor de urmărire a procesului de încălzire cu instrumentele de măsură existente la panoul cazanului ca să se obțină controlul ușor și sigur.

II. Alegerea regimului de încălzire

Potrivit datelor din literatură [1], o viteză de încălzire de 120°C/h nu este periculoasă pentru cazanele de 100 at de tip vertical asemănătoare cazanului T.G.—170—1 și deci s-a admis efectuarea încercărilor cu o viteză de 100—120°C/h. Se precizează că prin viteza de încălzire se înțelege viteza de creștere a temperaturii de saturație a aburului.

Pentru atingerea acestei viteze și menținerea ei aproape constantă s-a hotărît [2] încălzirea cazanului cu un debit inițial de gaze de $0{,}25 \cdot 12\,800 = 3\,200$ Nm³/h, care trebuie să scadă treptat la jumătate la sfîrșitul intervalului de încălzire.

III. Stabilirea criteriilor de apreciere a solicitărilor periculoase la tambure

Solicitările suplimentare care se nasc în timpul încălzirii sînt produse de diferențele de temperatură care apar în corpul tamburului : atît în grosimea pereților cît și pe periferia acestora.

Diferența de temperatură în grosimea pereților — care se va numi δt — este proporțională cu viteza de încălzire. Încălzirea făcîndu-se cu viteza constantă (pentru a obține solicitare minimă la o durată de încălzire dată) înseamnă că δt rămîne constant tot timpul încălzirii și deci și solicitarea produsă de ea rămîne constantă.

Calculul acestei solicitări se face conform [3].

Diferențele de temperatură pe periferie — care se vor numai Δt — urmează o lege mai

* Cazanul T.G. — 170 — 1 este un cazan vertical, de radiație, pentru arderea de gaze, construit în U.R.S.S.

complexă de variație în raport cu viteza de încălzire. În orice caz însă, la cazanul T.G.—170—1, care nu este prevăzut cu mijloace de asigurare a circulației apei pînă la capetele tamburului, Δt atinge valoarea maximă în această zonă și ea crește cu viteza de încălzire.

Solicitările produse de Δt în compartimentul curat sînt relativ ușor de calculat, dacă se cunoaște curba de variație a temperaturii metalului pe periferie, în secțiunea transversală a tamburului. În compartimentele saline, calculul se complică și prin prezența fundurilor.

În această situație, pentru a avea un control asupra solicitării totale, rezultate din suprapunerea celor două solicitări produse de δt și de Δt, se folosește în ultima vreme relația Babcock Wilcox [4] care stabilește valoarea maximă admisibilă a lui δt (deci și a vitezei de încălzire) la un Δt dat. Forma acestei relații, aplicabilă și în cazul cazanului T.G.—170—1, este

$$\delta t \leqslant 55 - 0{,}4 \ \Delta t \ [°C]$$

δt fiind practic același în tot spațiul de abur, aplicarea formulei se face în zone cu Δt maxim, deci în compartimentele saline și anume la partea cilindrică, nu la funduri.

Repartiția diferenței δt în grosime nefiind liniară ci parabolică, rezultă că solicitarea maximă (combinată din eforturile suplimentare și din presiunea interioară) poate să apară, fie pe fața interioară, ca compresiune, fie ca tensiune pe fața exterioară.

Pentru orientare se dau rezultatele unui calcul făcut pentru un caz extrem : $\delta t = 40°C$ și $\Delta t = 100°C$ [3].

Pe fața interioară, la presiunea de circa 10 kg/cm² compresiunea maximă :

$$13{,}8 - \frac{10 \cdot 1\,300}{200 \cdot 93} = 13{,}8 - 0{,}7 = 13{,}1 \text{ kg/cm}^2$$

în care :

13,8 kg/cm² este solicitarea la compresie pe fața interioară stabilită prin calcul [3];

1 300 mm — diametrul interior al tamburului ;

93 mm — grosimea mantalei tamburului ;

8,75 kg/cm² — solicitarea la întindere pe fața exterioară stabilită prin calcul [3].

Pe fața exterioară, la presiunea de circa 100 kg/cm² tensiunea maximă :

$$8{,}75 + \frac{100 \cdot 1\,300}{200 \cdot 93} = 8{,}75 + 7 = 15{,}75 \text{ kg/cm}^2$$

Tamburul fiind executat din oțel 22 k cu limite de curgere la 320°C de 27,4 kg/cm² deci cu o rezistență de calcul de

$$27{,}4 : 1{,}9 = 14{,}4 \text{ kg/mm}^2$$

înseamnă că la suprapunerea unor diferențe de temperatură relativ ridicate ($\delta t = 40°C$ și $\Delta t = 100°C$), solicitarea limită este atinsă la depășirea presiunii interioare de

$$p = (14{,}4 - 8{,}75) \cdot \frac{200 \cdot 93}{1\,300} = 80 \text{ kg/cm}^2.$$

Din acest calcul se pot trage concluziile :

1. La depășirea presiunii de circa 70 kg/cm² este necesar să se reducă δt sub 40°C, dacă nu poate fi coborît Δt sub 100°C.

2. Relația Babcock-Wilcox, care la $\Delta t = 100°C$ permite $\delta t = 15°C$, deci sensibil mai scăzută decît valoarea de 40°C luată în calculul de mai sus, este acoperitoare, în sensul că ia în considerare și alte fenomene care scapă calculului.

IV. Pregătirea și efectuarea încercărilor

Pentru urmărirea vitezei de încălzire ca și pentru controlul mărimilor care indică solicitările s-au instalat următoarele instrumente de măsură speciale (fig. 3).

1. Pentru măsurarea diferenței δt în partea cilindrică a tamburului : 2 termocuple în secțiunea mediană a tamburului notate cu B^* și 3.

2. Pentru măsurarea diferenței δt în fundurile tamburului : 1 termocuplă la unul din capete în poz. 1.

3. Pentru măsurarea diferenței Δt în compartimentul curat și în cel salin s-au mai instalat 2 termocuple în poz 6 și 2.

4. Pentru măsurarea diferenței δt în spațiul de apă al compartimentului salin s-a instalat termocupla A^*.

5. Pentru urmărirea variației temperaturii pe periferia tamburului s-au mai instalat în planul transversal 3—6, încă 2 termocuple la $\pm 30°$ față de axul orizontal.

6. Pentru controlul supraîncălzitorului s-au instalat :

— 5 termocuple pe țevile supraîncălzitorului ;

— 2 termocuple pe traseul gazelor de ardere în spațiul dintre feston și supraîncălzitor.

S-au făcut în total 3 încercări, dintre care două după opriri de circa 6 ore și una după o oprire de 30 ore.

Încălzirea s-a făcut cu 8 arzătoare (din totalul de 16) dispuse simetric : poziția și ponderea acestora se schimbă după cum cerea reglarea temperaturii de supraîncălzire.

---

* Cablurile termocuplelor B și A s-au scos prin stuțul unui indicator de nivel.

V. Rezultatele măsurătorilor

Sub formă de curbe, rezultatele măsurătorilor sînt arătate în figurile 1, 2 și 3. Principalele constatări din aceste curbe sînt următoarele :

A. *La încercarea după o oprire de 30 ore*

1. Fără să se ia măsuri speciale de închidere a cazanului (purje, scăpări de abur) și nici de

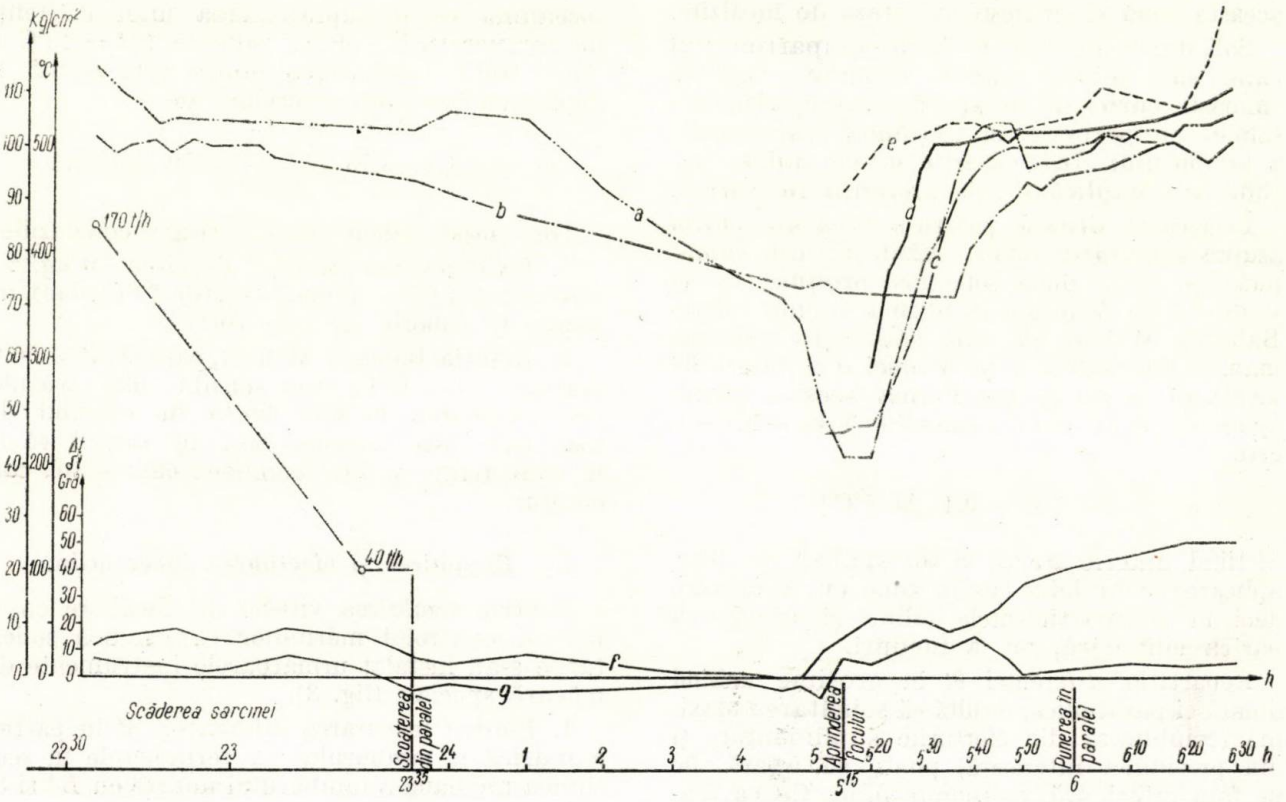


Fig. 1. Pornire rapidă a cazanului T.G.—170—1 (după o oprire de 6 ore) :

a — presiunea în tambur ; *b* — temperatura aburului în conducta principală ; *c* — temperatura aburului în colectorul supraîncălzitorului ; *d* — temperatura metalului țevilor supraîncălzitorului ; *e* — temperatura gazelor la intrarea în supraîncălzitor ; *d* — Δt diferența de temperatură pe periferie ; *g* — δt diferența de temperatură radială ;

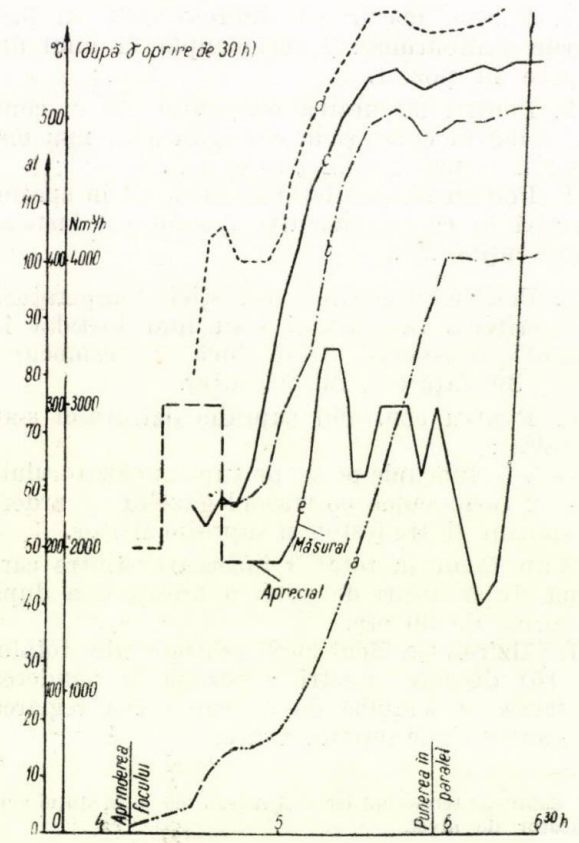


Fig. 2. Pornire rapidă a cazanului T.G.—170—1.

a — presiunea aburului ; *b* — temperatura aburului ; *c* — temperatura metalului supraîncălzitorului ; *d* — temperatura metalului supraîncălzitorului ; *d* — temperatura gazelor de ardere ; *e* — debitul gazelor.

etanșare a traseului de aer și de gaze de ardere :

— presiunea în tambur a scăzut la 2 kg/cm² ;

— temperatura metalului tamburului a scăzut la circa 115°C în partea inferioară, respectiv la circa 130°C în partea superioară.

Se menționează că la oprire, supraîncălzitorul a fost suflat timp scurt (circa 10 min) cu debit redus, pentru limitarea creșterii presiunii în tambur.

2. La scoaterea din paralel, temperatura metalului țevilor de supraîncălzitor a scăzut repede sub 450°C ; în consecință n-a mai fost necesară suflarea supraîncălzitorului, cum prevăd instrucțiunile existente de exploatare.

3. Încălzirea părții superioare a tamburului (spălată de abur) a început la circa 10 min după aprinderea focului. Întîrzierea vaporizării,

care determină încălzirea metalului, se explică prin răcirea parțială a apei din ecrane, în timpul celor zece minute de ventilare premergătoare aprinderii.

apoi de o scădere importantă) δt a atins scurt timp un vîrf de 30 grd și apoi a scăzut la 10 grd.

8. În spațiul de abur, în fundurile tamburului δt a atins valoarea maximă de 38 grd

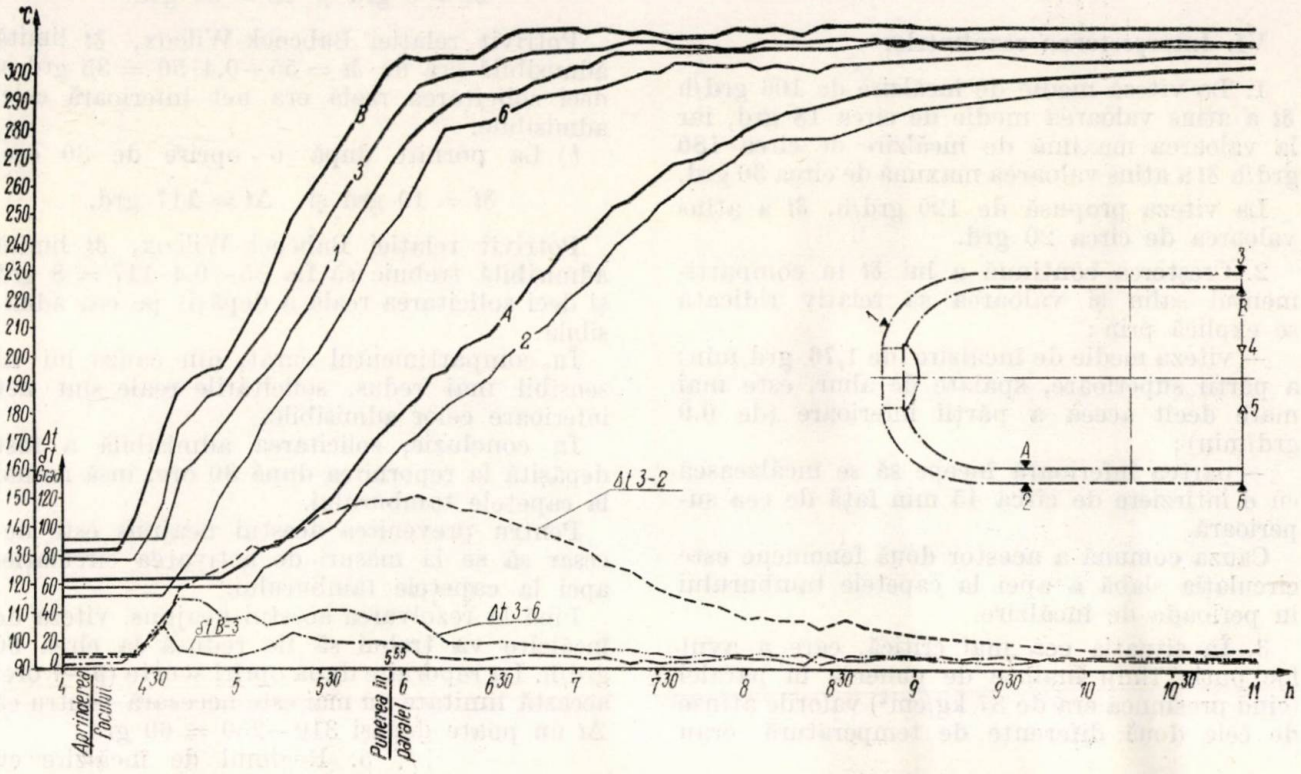


Fig. 3. Pornire rapidă a cazanului T.G.—170—1 (după o oprire de 30 ore). Temperaturi și diferențe de temperaturi.

4. Viteza medie de încălzire a tamburului în partea superioară (spălată de abur) a fost de (306—130) : 100=1,76 grd/min = 106 grd/h. Din cauza variației importante a debitului caloric viteza de încălzire a atins pentru scurt timp și viteza de 3 grad/min.

5. Partea inferioară a tamburului (spălată de apă) a început să se încălzească cu o întîrziere de circa 55 minute, iar viteza medie a fost de 160 : 180 = 0,9 grd/min, adică cam jumătate din aceea a părții superioare.

6. Diferența Δt în compartimentul curat atinge valoarea maximă după circa 40 min și nu depășește 50 grd.

În compartimentul salin, această diferență crește în mod continuu pînă la punerea în paralel și atinge valoarea maximă de 120 grd. Se menționează că această valoare este determinată acoperitor (în exces) pentru că neavînd un termoelement montat pe partea cilindrică a compartimentului salin, s-a admis că pe generatricea superioară temperatura este aceeași ca și în compartimentul curat.

7. În spațiul de abur pe partea cilindrică, δt a atins valoarea de circa 20 grd. Din cauza variației importante a debitului caloric la începutul fazei de încălzire (Q mare urmat iar în perioada cea mai critică (Δt mare și presiune interioară ridicată) a atins valoarea de circa 35 grd.

9. Pornind de la circa 2 kg/cm², intervalul de timp pînă la punerea în paralel a fost de 110 min față de 240 min cît este necesar la pornirea normală (fig. 2).

10. Temperatura metalului țevilor de supraîncălzitor a atins valoarea maximă de 535°C.

11. Temperatura gazelor de ardre la intrarea în supraîncălzitor a atins valoarea de 575°C.

B. *La încercarea după oprirea de* 6 *ore*

1. Presiunea în tambur a scăzut la circa 45 kg/cm², iar temperatura metalului tamburului la circa 260°C.

2. Partea superioară a tamburului a început să se încălzească după 5 min de la aprindere.

3. Viteza medie de încălzire a fost de circa 2,2 grd/min.

4. În compartimentul salin Δt a atins valoarea maximă de 50 grd.

5. Diferența de temperatură în grosimea peretelui δt a atins circa 10 grd.

6. În situația cea mai critică (Δt maximă și presiunea interioară ridicată, 100 kg/cm²) diferențele de temperatură au fost $\Delta t = 50$ grd, $\delta t = 5$ grd.

7. Temperatura metalului țevilor de supraîncălzire a atins valoarea maximă de 515°C.

8. Temperatura gazelor de ardere la intrare în supraîncălzitor a atins valoarea maximă de circa 520°C.

VI. Interpretarea rezultatelor

1. La viteza medie de încălzire de 106 grd/h δt a atins valoarea medie de circa 18 grd, iar la valoarea maximă de încălzire de circa 180 grd/h δt a atins valoarea maximă de circa 30 grd.

La viteza propusă de 120 grd/h, δt a atins valoarea de circa 20 grd.

2. Creșterea continuă a lui δt în compartimentul salin și valoarea sa relativ ridicată se explică prin :

— viteza medie de încălzire (de 1,76 grd/min) a părții superioare, spălate de abur, este mai mare decît aceea a părții inferioare (de 0,9 grd/min) ;

— partea inferioară începe să se încălzească cu o întîrziere de circa 45 min față de cea superioară.

Cauza comună a acestor două fenomene este circulația slabă a apei la capetele tamburului în perioada de încălzire.

3. În situația cea mai critică, care a avut loc puțin timp înainte de punerea în paralel (cînd presiunea era de 87 kg/cm²) valorile atinse de cele două diferențe de temperatură erau

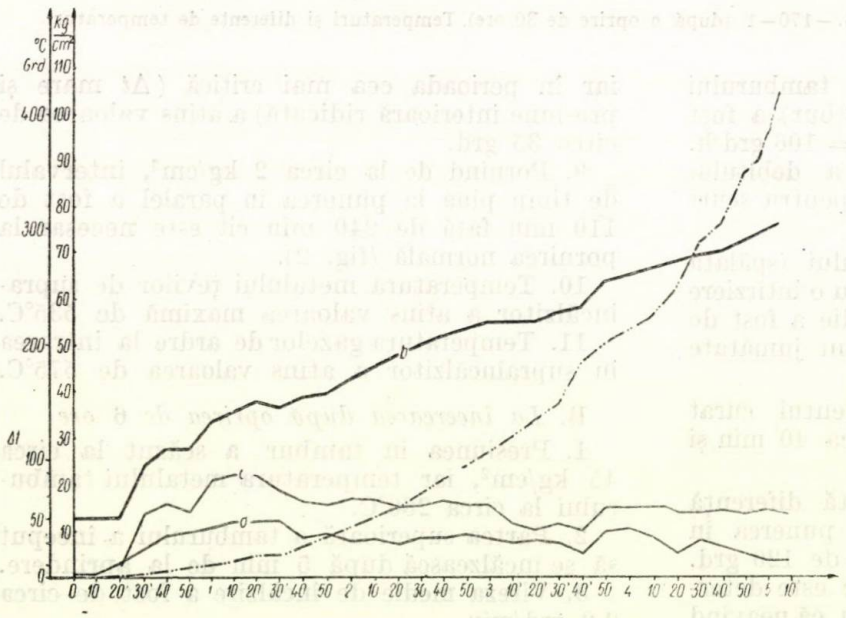


Fig. 4. Pornire normală a cazanului T.G.—170—1.

a — presiunea aburului în tambur ; *b* — temperatura de saturație ; *c* — Δt 3—2 ; *d* — Δt 3—6.

$\Delta t = 117$ grd și $\delta t = 18$ grd. Se reamintește că din lipsa unui termoelement, $\Delta t = 117$ grd a fost determinată acoperitor (cu exces) și că valoarea reală n-a depășit probabil cifra de 110 grd.

4. Solicitările maxime au fost atinse la capetele tamburului și anume în următoarele situații :

a) La pornirea după o oprire de 6 ore.

$$\delta t = 5 \text{ grd și } \Delta t = 50 \text{ grd.}$$

Potrivit relației Babcock-Wilcox, δt limită admisibilă era de $\delta t = 55 - 0{,}4 \cdot 50 = 35$ grd și deci solicitarea reală era net inferioară celei admisibile.

b) La pornire după o oprire de 30 ore.

$$\delta t = 10 \text{ grd și } \Delta t = 117 \text{ grd.}$$

Potrivit relației Babcock-Wilcox, δt limită admisibilă trebuie să fie $55 - 0{,}4 \cdot 117 = 8$ grd și deci solicitarea reală a depășit pe cea admisibilă.

În compartimentul curat, din cauza lui Δt sensibil mai redus, solicitările reale sînt net inferioare celor admisibile.

În concluzie, solicitarea admisibilă a fost depășită la repornirea după 30 ore, însă numai la capetele tamburului.

Pentru prevenirea acestui neajuns este necesar să se ia măsuri de activarea circulației apei la capetele tamburului.

Pînă la rezolvarea acestui neajuns, viteza de încălzire va trebui să fie redusă la circa 90 grd/h. La repornire după opriri scurte (6—7 ore) această limitare nu mai este necesară pentru că Δt nu poate depăși $310 - 250 = 60$ grd.

5. Regimul de încălzire cu viteza constantă, deci cu δt constant, este optim pentru compartimentul curat, pentru că în acest spațiu diferența Δt nu atinge valori însemnate și pentru că ea în orice caz scade la sfîrșitul perioadei de încălzire. Pentru compartimentele saline caracterizate prin Δt inițial mic și crescînd continuu pînă la punerea în paralel, regimul optim de încălzire, cu solicitări minime la durată scurtă de încălzire, s-ar putea obține cu viteza de încălzire mare la început și apoi descrescătoare în funcție de creșterea lui Δt. De altfel scăderea vitezei de încălzire în faza finală este necesară și pentru protecția supraîncălzitorului.

VII. Concluzii și propuneri

1. După opriri de 30 ore, încălzirea cazanului TG—170—1 cu o viteză de 100—120 grd/h, propusă în literatura sovietică [1] este posibilă dacă la capetele tamburului sînt prevăzute dispozitive pentru asigurarea circulației apei din compartimentele saline pe toată lungimea acestora.

2. După opriri scurte de circa 6—7 ore, încălzirea cazanului cu viteza de 100—120 grd/h este posibilă chiar dacă nu se iau măsuri speciale pentru activarea circulației la capete.

3. Față de pornirea, conform instrucțiunilor de exploatare existente, timpul de încălzire se scurtează :

a) La reporniri după opriri scurte de circa 6 ore : de la circa 90 min la circa 45 min.

b) La raporniri după 30 ore: de la circa 240 min la circa 110 min.

4. Viteza de încălzire de 100 grd/h—120 grd/h se obține cu un debit caloric de 20—22% din consumul de gaze la plină sarcină.

5. Regimul de încălzire cu viteza constantă de circa 120 grd/h este posibil și este și optim, dacă prin măsuri adecvate Δt poate fi scăzut sub 60 grd. În caz contrar, regimul de încălzire trebuie schimbat, admițînd la început 120 grd/h (și eventual și mai mare) și scăzînd apoi pînă la circa 80 grd/h.

6. Cu o bună izolare a cazanului și o bună etanșare a circuitelor de gaze și de aer în timpul opririi, duratele de repornire de 45 min după opriri de 6 ore, respectiv de 110 min după opriri de 30 ore pot fi scurtate și mai mult.

7. Cu respectarea debitului minim de suflare a supraîncălzitorului, controlul acestuia se poate face urmărind temperatura gazelor de ardere la intrare.

8. După stabilirea prin încercări a regimului de încălzire a fiecărui cazan (stabilirea variației debitului caloric), pornirea rapidă poate fi aplicată practic chiar numai cu instrumentele de măsură de la panoul cazanului, completate cu un termometru al gazelor la intrarea în supraîncălzitor și un termometru diferențial la un capăt al tamburului.

9. La oprirea cazanului nu este necesară o suflare a supraîncălzitorului, decît cel mult pentru prevenirea creșterii presiunii în tambur.

Bibliografie

[1] Ciakrîghin: Teploenerghetika 3 1959.

[2] Meșcianinov și Mucinik: Electriceschie Stanții 4, 1960.

[3] Meșcianinov și Mucinik: Teploenerghetica 8, 1958.

[4] * * * Institut für Energetik Leipzig. Schnellstart u. Sparbetrieb bei Dampferzeugen.

Primele încercări de ardere în strat fluidizat cu cărbuni romînești

C. CAZACU, N. PĂNOIU

Combustiunea în pat fluidizat constituie unul din procedeele moderne de ardere a combustibililor solizi. Deși fluidizarea ca procedeu tehnic a apărut cu cîteva decenii în urmă în procesele industriale, aplicarea acesteia în combustiune este de dată recentă [1].

Ca prime aplicații industriale în acest domeniu se pot cita focarele construite în U.R.S.S. și Franța, instalații care folosesc fluidizarea în procesele de ardere [2], [3], [4], [5], [6].

Ca procedeu destinat activării reacțiilor chimice eterogene solid — fluid și ca promotor al unui schimb intens de căldură, stratul fluidizat format din particole menținute în suspensie într-un curent ascendent de fluid, rezolvă atît în tehnologia chimică cît și în cazul arderii combustibililor problemele măririi eficacității acestor procese industriale.

Noțiunea de strat (pat) fluidizat este atribuită cazului în care o substanță solidă granulată este menținută în timpul unui proces într-o stare de suspensie aerodinamică de către un curent de fluid. Condițiile aerodinamice de formare și menținere a unui strat în stare fluidizată sînt determinate de domeniul de variație al vitezelor fluidului de sustentație, de la viteza minimă de fluidizare la viteza de antrenare.

Aceste condiții situează stratul fluidizat între stratul fix de particole și transportul pneumatic.

Caracterizați printr-un procent ridicat de umiditate, de materii volatile și printr-un conținut însemnat de masă minerală, cărbunii tineri necesită o activare a proceselor de ardere, activare care să contribuie la intensificarea schimbului de căldură în strat. Se știe că după uscarea și degajarea materiilor volatile, procese care au loc pînă la temperatura de 800—850°C, particola de cărbune este formată din cocs și cenușă. După acest prag, ridicarea temperaturii are loc datorită reacției de ardere a cocsului. În cazul cînd procentul de cenușă din particolă preponderează, bilanțul termic al arderii particolei poate fi deficitar datorită acumulării de căldură de către masa inactivă. Acest lucru conduce uneori la instabilitatea procesului de ardere, fără a mai lua în considerație cantitatea de căldură necesară uscării combustibilului proaspăt introdus, uscare făcută pe seama căldurii degajată de masa de cocs [7]. Aceste particularități conduc la neajunsuri însemnate în cazul arderii pe grătare [8].

În cazul fluidizării, în strat se creează spații libere între particole, spații în care are loc

arderea unor părți din materiile volatile. Arderea volatilelor în stratul fluidizat asigură acumularea de căldură de către particolă, echilibrînd astfel parțial bilanțul termic și asigurînd ritmul de creștere al temperaturii. Atît fenomenul de degajare al volatilelor în strat

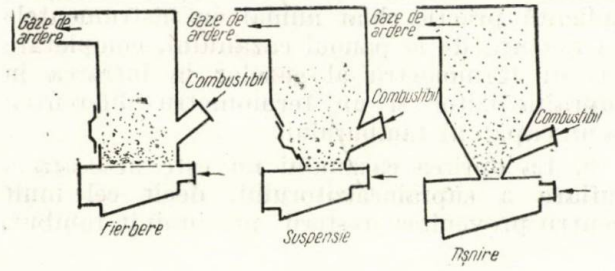


Fig. 1

cît și înseși caracteristicile procesului de ardere în strat fluidizat sînt favorizate prin mărirea suprafeței de contact între substanțele reactante, realizîndu-se astfel un schimb intens de căldură și de masă (difuzia oxigenului spre carbon și degajarea de gaze de ardere).

După această succintă prezentare a fenomenului de fluidizare și a avantajelor ce le prezintă pentru cazul combustiunii, se vor trece în revistă cîteva din principalele realizări de instalații experimentale și industriale din acest domeniu.

Primele instalații experimentale încercate în U.R.S.S. [2] sînt prezentate în figura 1.

Ele provin din modificarea unor instalații clasice și funcție de gradul de fluidizare pot fi clasificate în focar cu strat în fierbere, în suspensie și în țîșnire. Aceste focare au funcționat cu cărbune de Celeabinsk avînd granulația 0—10 mm, cu umiditatea de 16,5%, cenușe 26,9% și puterea calorifică inferioară 4150 $\frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$. Caracterul de fierbere, de suspensie și de țîșnire s-a obținut prin profilarea diferită a camerei focarului astfel încît viteza agentului de fluidizare să fie mărită progresiv, realizîndu-se grade diferite de fluidizare a stratului. Stratul în fierbere datorită spațiilor reduse între particolele de cărbune a condus la un regim neintensiv de ardere și la formarea de zgură, apropiindu-se astfel de arderea pe grătare fixe. Focarul cu ardere în suspensie, obținut prin îngustarea secțiunii focarului, spre baza acestuia, s-a dovedit a fi mai eficient, atît datorită unei fluidizări mai intense a stratului cît și unor îmbunătățiri aduse sistemului de evacuare a zgurei. Focarul cu țîșnire apropiindu-se de condițiile transportului pneumatic, deși conduce la intensificarea procesului de ardere, favorizează însă antrenarea particolelor fine de cărbune, ridicînd astfel peste valorile uzuale, pierderile de căldură prin ardere mecanic incompletă ($q_4 = 44\%$). O altă serie de încercări au fost efectuate pe focare provenite din modificarea unor instalații mai vechi [3]. Aceste focare diferă între ele prin sistemul de evacuare al zgurii. Astfel se întîlnesc grătare catenare, grătarul cu inerție, grătarul cu placă de curățire, etc. În general aceste focare nu și-au găsit o aplicare industrială, ele rămînînd la fază pilot. Rezultatele obținute la încercarea acestor focare sînt cuprinse în tabela 1.

O atenție deosebită trebuie acordată focarului în două trepte al lui Pavlovici (fig. 2) [9].

La acest focar arderea decurge pe înălțimea stratului, în zona de la baza acestuia avînd loc pregătirea termică și o gazificare parțială a combustibilului. A doua treaptă servește ca spațiu de ardere a focarului unde are loc combustia cărbunelui mărunt și a gazelor antrenate din strat. Particolele mari de cenușă și bucățile de zgură cad pe grătar, de unde sînt îndepărtate prin rașchetare. Un important avantaj al acestui sistem este datorat faptului că în strat formîndu-se gaz combustibil, temperaturile obținute nu ating temperaturile de înmuiere a zgurilor, ceea ce conduce în multe cazuri la un regim fără aglomerări de zgură. Trebuie arătat că spre deosebire de focarele descrise mai sus, focarul Pavlovici are o admisie progresivă de aer secundar care facilitează desfășurarea procesului de ardere pe înălțime; aceasta întrucît aerul de fluidizare reprezintă doar 30—40% din aerul necesar arderii.

Se mai citează în literatură cîteva focare cu strat fluidizat la care adoptarea unor antecamere sau a unor cicloane deși îmbunătățesc randamentul instalației nu au fost dezvoltate ulterior [5] (fig. 3 și fig. 4).

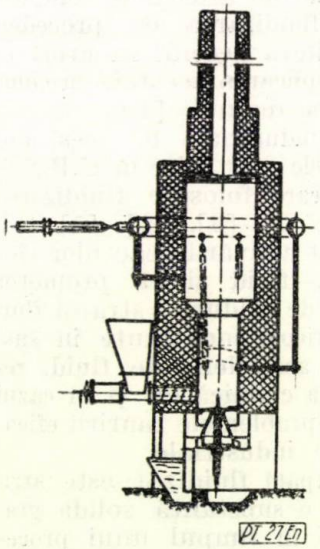


Fig. 2

În Franța, s-a experimentat un focar cu strat fluidizat prevăzut cu un grătar lanț prezentat în fig. 5 [1].

Principial, focarul lui Godel (fig. 5) se deosebește de focarul lui Pavlovici, arderea fiind eșalonată ca la orice grătar lanț, în lungul focarului, fapt care avantajează staționarea mai îndelungată a combustibilului în focar.

Analizîndu-se rezultatele experimentărilor efectuate în străinătate și grupate în tabela 1, se constată că cifrele publicate reprezintă doar valori ale unui bilanț termic sumar care nu

permit o aprofundare şi o diferenţiere a avantajelor şi dezavantajelor arderii în stare fluidizată.

În cadrul Institutului de Energetică al Academiei R.P.R., cercetarea arderii în stare fluidizată a constituit o preocupare care continuă linia generală de cercetare a arderii cărbunilor inferiori romîneşti. După cum reiese din o serie de lucrări anterioare [10], ligniţii romîneşti au caracteristici defavorabile arderii marcate prin conţinutul mare de balast (45—70%) şi în special de o cantitate mare de cenuşă raportată la masa uscată (30—50%), aceasta fără a lua în considerare că punctele caracteristice ale cenuşilor se situează la temperaturi cuprinse între 900—1200°C.

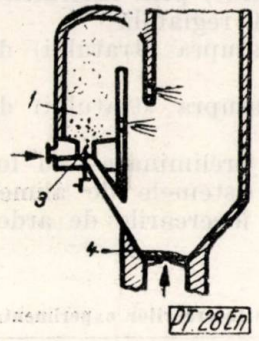


Fig. 3

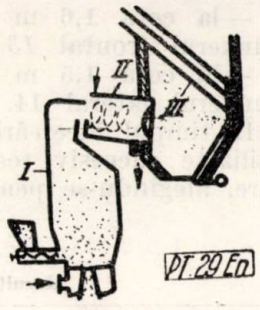


Fig. 4

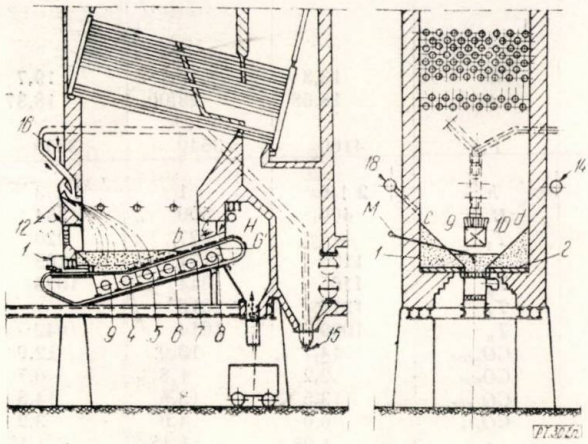


Fig. 5

După cum s-a amintit la începutul articolului de faţă, dezavantajele create de aceste caracteristici sînt parţial înlăturate prin avantajele create de procedeul de ardere în stare fluidizată.

Pe baza caracteristicilor ligniţilor noştri şi pe baza fondului teoretic şi experimental desprins din literatura de specialitate [11] (după cum s-a amintit datele din literatură sînt limitate) s-a trecut la realizarea unei instalaţii pilot de ardere în stare fluidizată. În construcţie, Institutul de Energetică s-a limitat la adaptarea unei instalaţii de ardere existente căutînd a se realiza în această primă fază de cercetare o staţie pilot simplă şi care să elucideze unele aspecte ale arderii în stare fluidizată. Instalaţia experimentală se compune din două elemente principale :

— focarul propriu-zis prezentat în fig. 6;
— schimbătorul de căldură şi instalaţiile anexe.

Focarul propriu-zis *1* este de formă paralelipipedică cu un volum de 1 m³ avînd secţiunea de 0,32 m² şi înălţimea de 3,3 m. La baza focarului se află grătarul *2* constituit dintr-o placă de fontă cu orificii de 3 mm care creează astfel o secţiune liberă de 6% din suprafaţa plăcii prin care se insuflă aerul necesar fluidizării. Pe placa de grătar se sprijină două plane înclinate *3* din cărămidă refractară aşezate pe adîncimea focarului şi care reduc secţiunea de insuflare de la 0,32 m² la cota 0,40 m la 0,144 m² la cota 0,0 m a focarului.

Focarul se continuă la partea superioară cu un canal orizontal *4* după care drumul de gaze urmează parcursul descendent *5* spre canalul de legătură cu schimbătorul de căldură.

Tabela 1

Denumirea	U/M	Focar cu strat în :			Grătarul cu inerţie			Grătarul cu placă de curăţire			Focarul Pavlovici	Focarul Godel
		Fierbere	Suspensie	Tişnire	Reg. I	Reg. II	Reg. III	Reg. I	Reg. II	Reg. III		
Consum combustibil	kg/h	318	326	380	—	—	—	—	—	—	400	600—800
Debit specific de aer	$\frac{m^3 N}{m^2, h}$	2 400	9 600	2 400	180	3 600	5 400	1 780	3 450	5 410	—	—
Presiune de insuflare	mm CA	200	240	100	8	210	395	100	195	380	340	—
Temper. gaze focar	°C	970	930	—	940	990	910	1050	970	910	850—1 100	1 100
Exces de aer	—	0,90	1,05	1,12	—	—	—	—	—	—	1,1	—
Pierderi în zgură	%	4,0	7,0	44,0	1,5	1,1	1,0	2,1	1,8	2,0	3—5*	3—7
Pierderi în antrenate	%	—	—	—	2,3	3,1	7,5	1,8	2,5	6,0		—
Solicitarea termică a focarului	$\frac{10^2 kcal}{m^3 h}$	560	645	—	—	—	—	—	—	—	700—1 000	—
Solicitatea termică a grătarului	$\frac{10^2 kcal}{m^2 h}$	—	—	—	2,3	4,8	7,3	2,2	4,5	7,1	2—3	—

Evacuarea zgurii se efectuează cu ajutorul unui dispozitiv cu acționare manuală compus din bara *6* de rașchetare a plăcii de grătar, trapa anterioară *7* și clapa posterioară *8* prin intermediul cărora, pe de o parte se evacuează zgura în pîlnia *9* prevăzută cu un închizător hidraulic și pe de altă parte se asigură etanșarea focarului față de pîlnia de zgură. Bara *6* avînd lungimea de 180 mm și înălțimea de 25 mm, permite curățirea plăcii de grătar în spațiul dintre planele înclinate.

Îndepărtarea zgurii din cuva *10* se efectuează manual. Pe părțile laterale ale focarului sînt amplasate orificiile *11* de insuflare a aerului secundar la cotele 0,7 m și 1,2 m pe peretele lateral dreapta și 1,0 m și 1,4 m pe peretele lateral stînga.

Alimentarea cu combustibil se poate realiza :

— la cota 0,6 m (în strat) prin intermediul unui melc *12* cu viteză reglabilă

— la cota 1,6 m (deasupra stratului) din bunkerul frontal *13*

— la cota 1,5 m (deasupra stratului) din bunkerul lateral 14.

În timpul încercărilor preliminare au fost utilizate succesiv toate sistemele de alimentare, alegîndu-se pentru încercările de ardere

Rezultatele încercărilor experimentale

Nr. crt.	Denumirea	U/M	Simbol	Încercări		
				24	27	28
1	2	3	4	5	6	7
1	Combustibil	—				lignit
2	Granulație	mm		0—1	0—2	0—4
3	Umiditatea totală	%	W^1	13,3	19,1	19,7
4	Cenușe (la masa de lucru)	%	A^1	18,68	23,00	18,37
5	Puterea calorifică inferioară	kcal/kg	P_{ci}	4160	3540	3850
6	Durata încercării	ore	h	2 1/6	1	1 1/3
7	Consum orar combustibil	kg/h	B	400	500	384
8	Temperatura în strat	°C	T_1	—	927	920
9	Temperatura în focar cota 0,6 m	°C	T_2	1125	1171	1103
10	Temperatura în focar cota 0,9 m	°C	T_3	1165	944	1025
11	Temperatura în focar cota 1,5 m	°C	T_4	1216	1018	—
12	Temperatura la sfîrșitul canalului orizontal	°C	T_5	1009	1014	1042
13	CO_2 în focar	%	CO_{2foc}	14,7	13,0	12,0
14	CO în focar	%	CO_{foc}	2,2	1,8	0,7
15	CO_2 în strat	%	CO_{2str}	13,5	13,6	14,3
16	CO în strat	%	CO_{str}	6,0	4,0	3,2
17	Excesul de aer la sfîrșitul focarului	—	α	1,05	1,18	1,17
	Debit de aer de fluidizare					
18	Debit total de aer	%	D_{fl}	25,8	30	35,0
19	Presiunea de insuflare	mm CA	P_{ins}	9	11,0	18
20	Nearse în zgură	%	C_{zg}	69,60	54,29	61,95
21	Nearse în antrenate	%	C_{ant}	19,36	14,26	6,41
22	Pierderi de căldură prin ardere mecanic incompletă (în zgură)	%	q_{4zg}	22,95	20,62	21,77
23	Pierderi de căldură prin ardere mecanic incompletă (în antrenate)	%	q_{4ant}	5,55	5,28	2,03
24	Pierderea de căldură totală prin ardere mecanic incompletă	%	q_4	28,5	26,9	23,8
25	Pierderea de căldură prin ardere chimic incompletă,	%	q_3	5,45	5,05	2,18
26	Randamentul arderii	%	η_i	66,05	68,05	74,08
27	Încărcarea termică aparentă spațială	kcal/m³ h	Q'_{foc}	1 650 000	1 770 000	1 480 000
28	Încărcarea termică reală spațială	kcal/m³ h	Q_{foc}	1 180 000	1 310 000	1 130 000
29	Încărcarea aparentă gravimetrică pe secțiunea focarului	kg/m²h	Q'_{sect}	1250	1560	1200
30	Încărcarea termică reală a secțiunii focarului	kcal/m²h	Q_{sect}	3920 000	4 350 000	3 750 000

a lignitilor sistemul de alimentare pe deasupra stratului dintr-un bunker lateral.

Gazele de ardere sînt răcite într-un cazan ignitubular în vederea evacuării lor prin tiraj forțat.

Aerul de ardere este insuflat cu un ventilator centrifugal cu debitul de 1800 m^3N/h și presiunea de 800 mm CA, atît prin cutia de aer de fluidizare *14* situată sub placa de grătar, cît și prin orificiile de aer secundar *11*.

În timpul cercetărilor experimentale s-au urmărit exclusiv procesele care au loc în focar în vederea încadrării caracteristicilor globale ale procesului de ardere în strat fluidizat cu rezultate calitative și cantitative în cazul lignitilor din R.P.R. Pentru ca desfășurarea experimentărilor să decurgă în bune condițiuni s-au efectuat cîteva încercări preliminare de ardere folosind drept combustibil rumeguș și mixte de Valea Jiului, încercări care au condus la cîteva raționalizări constructive și funcționale ale instalației. Deși rezultatele obținute au fost edificatoare, în continuare se vor prezenta doar încercările de ardere a lignitilor de Schitu-Goleşti întrucît arderea acestui combustibil a constituit tema principală de cercetare. Încercările de ardere a lignitului de Schitu Goleşti au fost efectuate folosindu-se sortul

de ardere în pat fluidizat *Tabela 2*

c a r e a								
29	30	31	32	33	34	35	36	37
8	9	10	11	12	13	14	15	16
S c h i t u - G o l e ş t i								
0—4	1—2	2—4	2—4	0–1 : 2,4 % 1–2 : 15 % 2–6 : 57,6 % 6 : 25 %	0–1 : 31,8 % 1–2 : 24,5 % 2–4 : 34,1 % 4 : 8,7 %	0–1 : 63,8 % 1–2 : 21,8 % 2 : 14,4 %	0–1 : 40,9 % 1–2 : 21,1 % 2 : 30 %	0—1 : 50, 1—2 : 20, 2—4 : 21, 4 : 7 %
18,2	17,1	19,5	17,6	21,6	21,0	17,6	19,4	19,2
19,38	19,75	19,49	16,08	21,68	22,85	19,80	18,86	33,45
3820	3860	3850	4050	3470	3430	3830	3770	2890
2	2/3	2	1 1/2	1	1	1 2/3	1 2/3	1 2/3
330	410	320	400	400	410	390	300	300
950	1000	1034	—	—	—	776	856	993
1105	1070	—	—	745	925	1086	1089	983
1109	1160	1208	1184	893	1000	1055	1122	1090
1108	1177	1156	1245	853	1020	1148	1171	1075
1088	1090	1153	1155	807	913	973	1047	1040
11,9	9,4	12,2	13,0	10,2	13,4	15,2	15,4	13,7
1,1	0,6	0,7	3,8	3,3	2,6	2,8	3,1	2,6
14,1	—	13,2	10,3	—	12,4	13,0	13,0	15,8
3,9	—	1,9	12,8	—	8,8	6,0	9,6	5,2
1,04	1,44	1,23	1,30	1,51	1,27	1,15	1,16	1,22
37,8	27,0	60,5	—	42,0	44,5	47,2	44	—
13	15	21	14,5	53	23	14	15,4	13,7
53,86	40,52	42,23	47,35	54,59	63,75	70,13	62,17	52,82
10,6	4,20	50,27	39,54	15,35	4,41	3,04	2,53	1,93
10,28	8,97	8,00	13,55	18,54	21,13	26,27	18,65	24,29
3,72	2,13	20,2	9,95	6,16	1,67	0,93	0,65	1,61
14,0	10,1	28,2	23,5	2,7	22,8	27,2	19,3	26,9
5,10	2,54	1,91	21,50	11,90	8,70	8,83	9,52	7,20
82,90	87,36	69,89	64,00	63,40	68,50	63,97	17,18	65,9
1 260 000	1 580 000	1 230 000	1 620 000	1 390 000	1 400 000	1 510 000	1 430 000	8 750 000
1 090 000	1 420 000	885 000	1 240 000	1 050 000	1 080 000	1 100 000	1 155 000	640 000
1030	1280	1000	1250	1250	1280	1280	1190	937
3 620 000	4 710 000	2 940 000	4 120 000	3 490 000	3 590 000	3 650 000	3 830 000	2 130 000

comercial de 0—80 mm pregătit la granulaţiile impuse de experimentări. În tabela 2 se prezintă rezultatele obţinute în cazul experimentării lignitului de Schitu Goleşti.

Analizînd datele prezentate, se constată că lignitul de Schitu Goleşti folosit este un lignit

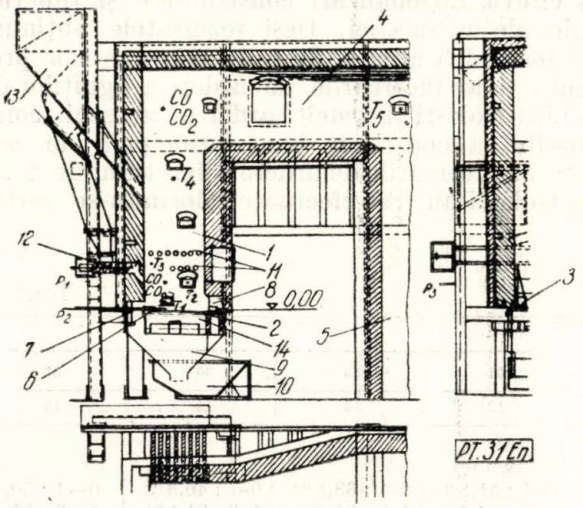


Fig. 6

de calitate superioară, uscarea lui accentuată datorîndu-se condiţiilor de depozitare.

Inerţia redusă a instalaţiei a permis micşorarea duratei încercărilor între 1 pînă la 2 ore. Pentru aducerea în regim a focarului, acesta funcţiona în prealabil cu acelaşi combustibil, încălzirea de la rece a focarului făcîndu-se cu ajutorul unui arzător de păcură.

Temperaturile măsurate în focar au înregistrat valori cuprinse între 1000—1200°C cu excepţia probei 33 la care excesul mărit de aer ($\alpha = 1{,}51$) a condus la răcirea focarului. Temperaturile înregistrează o creştere de cca. 100°C pe înălţimea focarului, fapt care dovedeşte desfăşurarea procesului de ardere în două faze succesive: gazificare şi ardere. Regimul termic ridicat din focar a facilitat pregătirea combustibilului în căderea sa spre nivelul de fluidizare. Se observă o tendinţă de scădere a temperaturilor la baza straturilor în cazul folosirii granulaţiei mari.

Analizele de gaze efectuate la sfîrşitul focarului confirmă terminarea arderii în focar, valorile oxidului de carbon situîndu-se între 0,6 şi 3,3%.

La proba 32 s-a funcţionat fără aer secundar, ceea ce a condus la mărirea procentului de CO pînă la 3,8%. Analizele de gaze efectuate în stratul fluidizat (cota 0,6 m) marchează un proces accentuat de gazeificare în prima treime a focarului (CO = 4 — 12%) fapt care confirmă şi repartiţia valorică a temperaturilor. Excesul de aer în focar s-a menţinut la valori scăzute ($\alpha = 1{,}05 - 1{,}3$) cu excepţia încercărilor 30 şi 33 care au decurs intenţionat cu excese mărite de aer.

Regimul aerodinamic al stratului a confirmat faptul că viteza de fluidizare în cazul arderii nu reprezintă un parametru esenţial întrucît degajarea permanentă a gazelor de ardere schimbă progresiv valorile acesteia fără a exista posibilitatea unor determinări analitice a acestui parametru. Un indice care prezintă importanţă este raportul între aerul de fluidizare şi aerul total de ardere care s-a menţinut între 25 şi 47%, valorile reduse referindu-se la sorturile cu fracţii mari. După cum era de aşteptat pentru cazul fracţiilor mari situate într-un interval granulometric restrîns (2—4 mm, încercarea 31) acest raport a crescut sensibil (60%). Presiunea aerului sub placa de grătar a înregistrat valori cuprinse între 10 şi 24 mm CA. Valorile din tabela 2 care depăşesc limita superioară citată se referă la fracţii granulometrice mari.

Analizînd pierderile de căldură prin ardere mecanic incompletă se remarcă valori ridicate ($q_4 = 10-28\%$) care depăşesc cifrele uzuale întîlnite în literatura de specialitate. Ele se datoresc faptului că încercările experimentale s-au efectuat pe un focar construit pe scheletul unei instalaţii existente care nu a permis respectarea întru totul a condiţiilor impuse de procedeul de ardere în pat fluidizat. Procentul mare de nearse din zgură provine în special din particolele mari ale sortului granulometric folosit. Utilizarea unui interval mare granulometric (0 — 10 mm) a condus de asemenea la pierderi de căldură mari prin ardere chimic incompletă (7—12%) deoarece în acest caz expandarea puternică a stratului a determinat arderea fracţiei fine spre sfîrşitul focarului, peste cota la care se insuflă aer secundar. Pentru a se scoate în evidenţă acest lucru la proba 32 s-a funcţionat fără insuflare de aer secundar ceea ce a condus la valori excesiv de mari ale acestor pierderi ($q_3 = 12{,}8\%$).

Trecînd la analizarea încărcărilor termice volumetrice obţinute care au atins valori între un milion şi un milion şi jumătate kcal/m³h se remarcă o creştere de 4—5 ori faţă de cifrele recomandate pentru focare cu ardere în strat şi în stare pulverizată [12] (focare cu grătar 250—300 $\times 10^3$ kcal/m³ h, focare cu cărbune pulverizat 120—200 $\times 10^3$ kcal/m³ h). Comparînd rezultatele obţinute cu cele indicate de literatura de specialitate pentru focare cu strat fluidizat (vezi tabela 1) se constată de asemenea valori mai ridicate în cazul focarului experimentat.

Din compararea valorilor menţionate se remarcă faptul că deşi instalaţia experimentală a prezentat o serie de deficienţe funcţionale, a atins totuşi performanţe comparabile cu cele citate în literatura de specialitate.

Folosirea diferitelor granulaţii în intervalul 0—5 mm a condus la rezultate întrutotul satisfăcătoare. Prin mărirea intervalului granulo-

metric la 0—10 mm, arderea a devenit mai puțin intensă cu tendințe mărite de antrenare și de micșorare periodică a intensității procesului de ardere. Cercetările vor trebui totuși continuate pe intervale largi granulometrice ceea ce va conduce la o soluționare tehnică a problemei și la realizarea unei instalații economice comparativ cu arderea în strat și în stare pulverizată. Considerăm totuși că mărirea granulației peste fracția 10 mm nu este posibilă deoarece apar dificultăți mari în funcționarea instalației și o micșorare a stabilității procesului de ardere.

Instalația a permis studierea influenței nivelului de alimentare asupra procesului de ardere. Trebuie remarcat că alimentarea în strat a condus la serioase dificultăți în procesul de aprinderea combustibilului și de menținerea procesului de fluidizare. La alimentarea superioară (deasupra stratului) nu s-au mai făcut simțite aceste deficiențe datorită unei pregătiri termice îmbunătățite a combustibilului și a unei omogenizări intense între aer-gaze și combustibil în incinta focarului. Dezavantajul creat de această alimentare, prin antrenarea fracțiilor fine, se poate înlătura în mare parte printr-o înălțime corespunzătoare a focarului.

Asupra geometriei focarului trebuie să arătăm că s-au efectuat cîteva probe la care focarul a avut formă paralelipipedică (fără pereți înclinați la bază). Aceste încercări au demonstrat inevitabilitatea folosirii unor pereți înclinați la baza focarului, pentru a se putea menține în suspensie un combustibil cu interval mare granulometric.

Funcționarea ca gazogen a părții inferioare a focarului și ca focar de ardere în stare pulverizată în partea sa superioară implică necesitatea insuflării aerului secundar în zona centrală a focarului în proporție de 50—70% din aerul total necesar arderii.

Prezentarea acestor prime rezultate ale încercărilor de ardere a ligniților romînești în strat fluidizat, recomandă acest procedeu de ardere pentru a fi cercetat în continuare în vederea aplicării lui în instalații industriale de putere mică. Pentru cunoașterea mai detaliată a proceselor care au loc în tehnica arderii în pat fluidizat, este necesară continuarea cercetărilor în acest domeniu, studiindu-se unele aspecte ale arderii ca: influența cenușei și umidității combustibilului asupra limitelor de stabilitate ale aprinderii precum și desfășurarea procesului de ardere în focar etc., aspecte ce pot fi urmărite pe instalația existentă. Continuarea ulterioară a acestor cercetări va trebui făcută cu o gamă mai largă de lignițiși pe o instalație semiindustrială care să satisfacă condițiile experimentale impuse de noile direcții de cercetare.

Bibliografie

[1] Godel A.: *Une nouvelle technique de combustion* Caietele Societății inginerilor din Franța — Paris 1957.

[2] Sîromeatnikov I.N.: *Rezultatele experimentărilor focarelor de tip în fierbere, cu strat în suspensie și prin țîșnire* (traducere din limba rusă) Economia de combustibil nr. 2 1951 pag. 33—41.

[3] Sîromeatnikov I.N. *Studiul mecanismelor pentru asigurarea regimului de funcționare fără zgură a focarelor cu strat în fierbere* (traducere din limba rusă). Economia de combustibil nr. 12 1951 pag. 1—8.

[4] Sidelkovski L.N. *Condițiile funcționării stabile, fără acoperire cu zgură a focarelor cu strat agitat de cărbune* (traducere din limba rusă). Economia de combustibil nr. 6 — 1951 pag. 51—55.

[5] Sidelkovski L.N. *Povișenie nadejnosti i economicinosti topoc s kipiașcim cloem.* Lucrările Inst. Energetic B.M.Molov vol. XXIV 1956 pag. 117—125.

[6] Moslenikov *Topki c kipiașcim cloem.* Teploenergetica Nr. 1/1958 pag. 77—80.

[7] Buimovici D. *Aspecte specifice ale arderii ligniților* S.C.E. Tom. VII. nr. 1 (1957) pag. 33—43.

[8] Buimovici D., Cazacu C. *Arderea ligniților din R.P.R. în strat liniștit și strat răscolit.* S.C.E. Tom. VII nr. 3 (1957) pag. 7—21.

[9] Pavlovisi V. N. *Rezultatele cercetării arderii cărbunilor bruni într un focar de două trepte cu strat fluidizat.* Traducere din limba rusă în: Probleme de chimizări a cărbunelui și de fluidizare. Analele Romîno-Sovietice seria tehnică nr. 36 Editura Academiei R.P.R. București 1955 pag. 79—98.

[10] Păunoiu N., Carabogdan I., Singer G. *Criterii de apreciere energetică a combustibililor solizi.* Energetica nr. 7, 1960.

[11] Westfried Fl., Cazacu C.: *Studiul critic documentar privind arderea în stare fluidizată.* Memoriu intern Inst. Energetic 1959.

[12] ***: *Teplovoi răsciot kotelnah agregatov.* Normativnîi metod. Gosenergoizdat 1957 Moscova — Leningrad, pag. 189—193.

Construcţia unei staţii de redresare automatizată

Ing. *G. IONESCU* şi ing. *GH. IONIŢĂ*

Dezvoltarea staţiunilor de pe litoralul Mării Negre, în scopul unei sporiri continue a capacităţii şi în vederea realizării unei concepţii arhitecturale moderne, a determinat amplificarea şi modernizarea mijloacelor de transport în comun, atît între staţiuni cît şi în interiorul lor.

În cadrul acestor lucrări, alături de modernizări de şosele şi construcţia unor noi bulevarde, în oraşul Constanţa şi în staţiunea Mamaia s-a introdus tracţiunea electrică, transportul în comun efectuîndu-se cu troleibuse.

Electrificarea transportului în comun a început în anul 1959 cu executarea reţelei de contact în oraşul Constanţa şi a staţiei de redresare de 2 × 2 500 A 825 V c. c. amplasată în clădirea termocentralei Filimon Sîrbu.

Pentru alimentarea în curent continuu a reţelei de tracţiune în staţiunea Mamaia, în prima jumătate a anului 1960 a fost executată staţia de redresare de 2 × 1 000 A Mamaia, asigurîndu-se astfel în sezon transportul cu troleibuse între Constanţa şi Mamaia.

Dimensionarea şi proiectarea staţiei

Ţinînd seama de întinderea relativ scurtă a reţelei ce trebuie să deservească (staţia de redresare Filimon Sîrbu fiind situată la cca. 5 km) şi de graficul de sarcină deosebit, foarte încărcat vara şi puţin încărcat iarna, s-a adoptat soluţia unei staţii automate fără personal permanent de exploatare. Dimensionarea staţiei s-a făcut în funcţie de sarcina maximă din lunile de vară, rezultînd ca necesare 2 grupuri redresoare de 1 000 A 825 V c.c.

În cadrul studiilor efectuate pentru întreg ansamblul reţelei de tracţiune din oraşul Constanţa

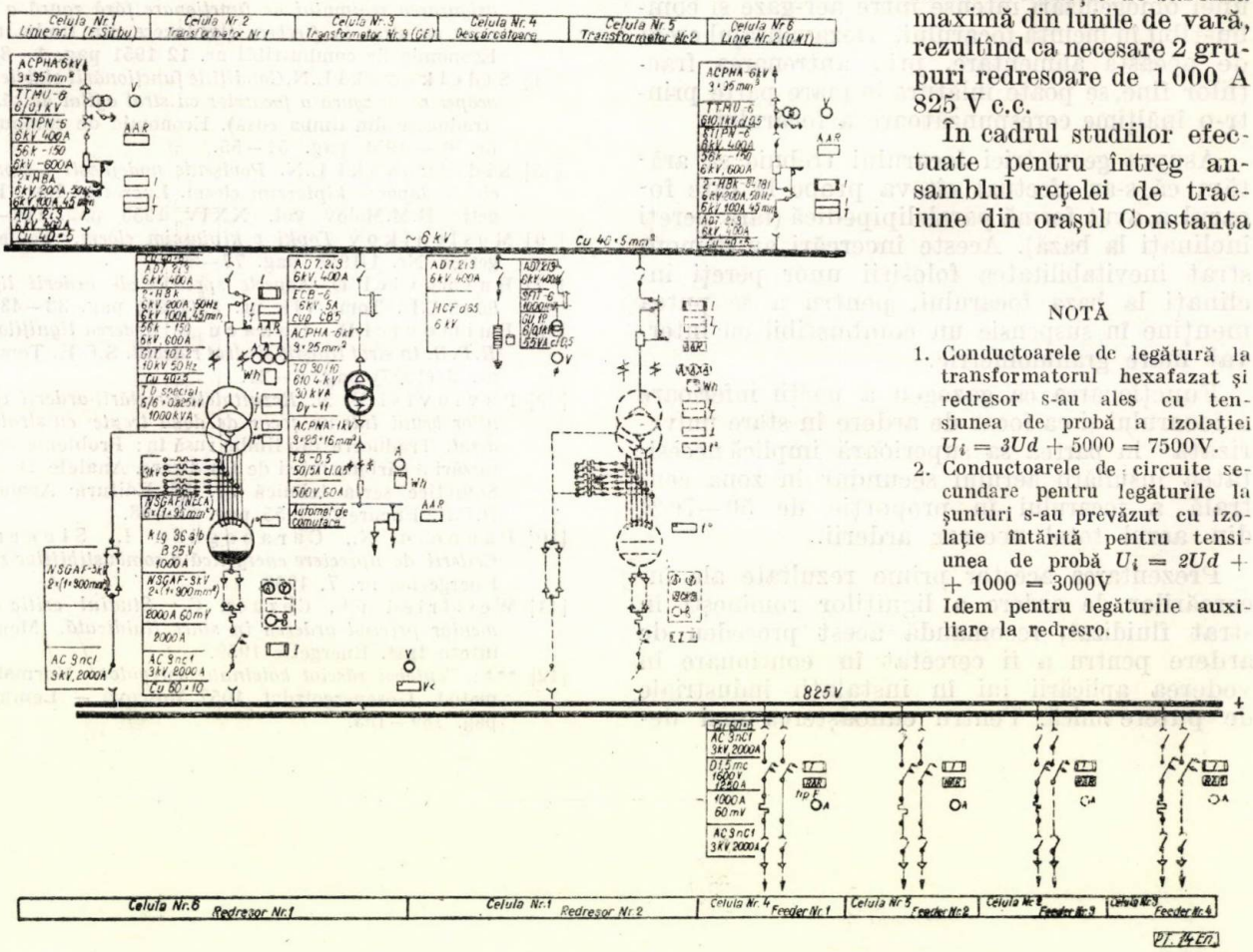


Fig. 1.

NOTĂ

1. Conductoarele de legătură la transformatorul hexafazat şi redresor s-au ales cu tensiunea de probă a izolaţiei $U_i = 3Ud + 5000 = 7500$V.
2. Conductoarele de circuite secundare pentru legăturile la şunturi s-au prevăzut cu izolaţie întărită pentru tensiunea de probă $U_i = 2Ud + 1000 = 3000$V
Idem pentru legăturile auxiliare la redresro.

Odată cu construcţia noului bulevard care leagă Constanţa cu Mamaia pe malul lacului Siut-Ghiol, reţeaua de contact a fost extinsă şi în staţiunea Mamaia.

şi staţiunea Mamaia, tensiunea de 825 V c.c. a reieşit cea mai avantajoasă, potrivit criteriilor tehnico-economice, pentru transportul cu troleibuse realizate în ţară.

În prima etapă (1960) potrivit cu stadiul de dezvoltare al stațiunii Mamaia, s-a prevăzut montarea unui singur grup de 1 000 A.

Stația este alimentată cu curent alternativ la tensiunea de 6 000 V, printr-un cablu subteran de 3×95 mm² Al direct din barele de 6 000 V ale stației Filimon Sîrbu, aceasta constituind alimentarea normală. Alimentarea de siguranță se realizează tot printr-un cablu subteran de 3×95 mm² din rețeaua de 6 000 V a stațiunii Mamaia (care poate primi energie atît din CTE Filimon Sîrbu, cît și din CTE Ovidiu II prin stația de 35/6 kV Ovidiu I).

Schema de principiu a stației arătată în figura 1 cuprinde în etapă definitivă pe partea de 6 000 V c.a., 6 celule cu bare simple, cele două grupuri redresoare, transformatorul pentru serviciile interne și partea de 825 V curent continuu compusă din 2 celule de redresor și 4 celule de linie cu bare simple.

Dispoziția echipamentelor stației a fost aleasă astfel încît să se obțină o construcție cît mai strînsă și să se asigure ocuparea cît mai completă a spațiului clădit, să rezulte legături scurte între agregate (pe cît posibil în conductoare neizolate) și să se realizeze separarea funcțională și pe tensiuni.

Astfel, așa cum reiese din fig. 2, 3 și 4 stația de 6 000 V ocupă o încăpere situată între boxele celor două transformatoare, iar partea de curent continuu, redresoarele cu anexele lor, celulele de 825 V, panourile de comandă, automatizare și servicii interne se găsesc într-o altă sală.

Transformatorul de servicii interne este amplasat într-una din celulele de 6 000 V.

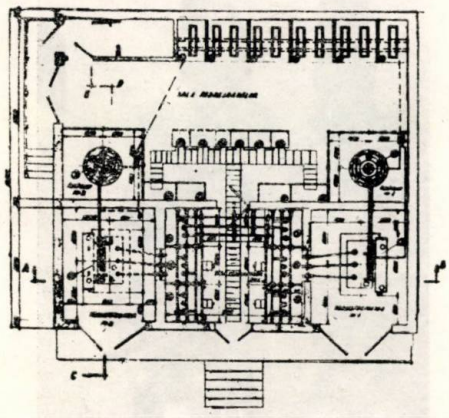


Fig. 2.

Descrierea părții electromecanice a stației

Grupul redresor constă dintr-un transformator hexafazat 6 000/770 V, 1 000 kVA (fig. 5) și un redresor de 1 000 A 825 V polianodic capsulat, fig. 6, răcit cu aer de un ventilator montat la partea inferioară a carcasei sale.

Transformatorul este de tipul pentru interior cu răcire naturală.

Aparatajul pentru comutația primară de 6 000 V cuprinde întrerupătoare de 6 kV ; 600 A ; 150 MVA putere de rupere, de tipul cu expan-

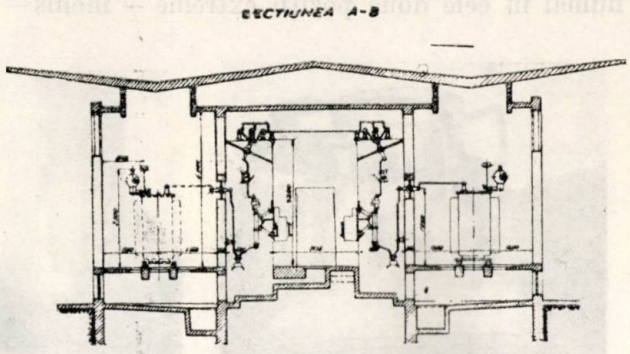


Fig. 3.

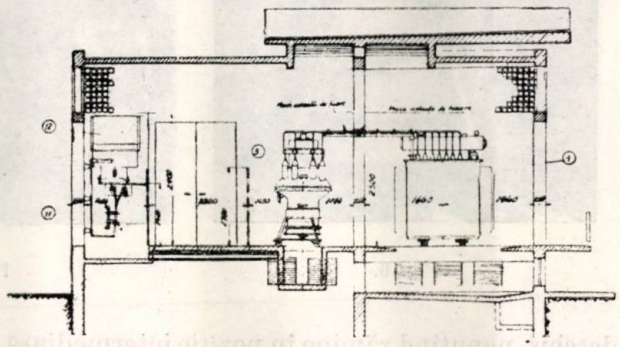


Fig. 4.

sină. Dispozitivul de acționare a întrerupătorului este prevăzut cu motor de c.a. monofazat

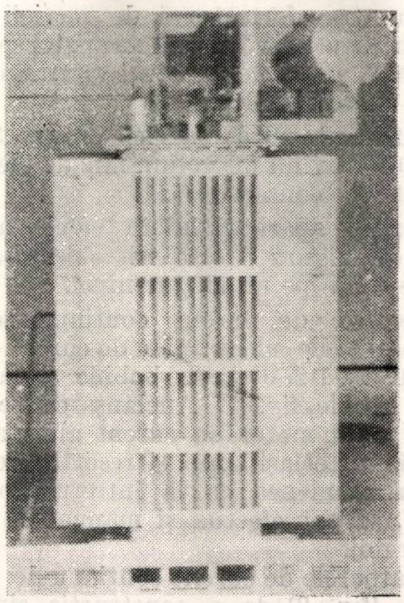


Fig. 5.

pentru armare și resoarte de acționare. Armarea se poate face și manual cu ajutorul unei manivele.

Separatoarele de 6 kV; 400 A se remarcă prin forma profilată a lamelor contactului mobil şi prin realizarea unei stabilităţi a acestuia numai în cele două poziţii extreme — închis — deschis, neputînd rămîne în poziţie intermediară. Deşi prevăzute de fabrică pentru acţionare cu stanga, li s-au adaptat dispozitive fabricate în ţară, tip AMI 2.

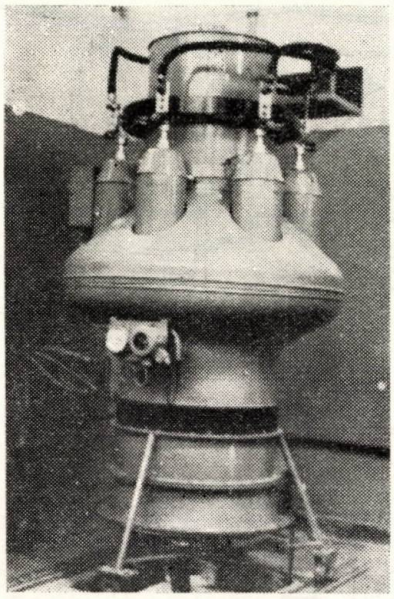


Fig. 6.

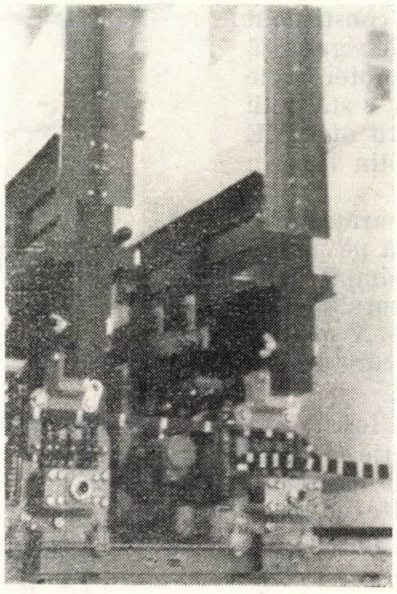


Fig. 7.

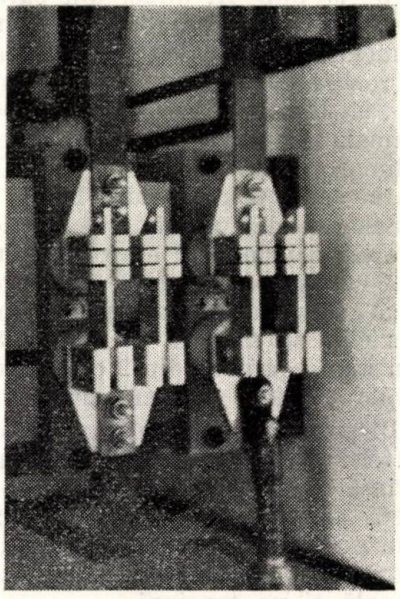


Fig. 8.

Reductoarele de măsură sînt de tipul uscat înglobate în răşini sintetice.

Pentru transformatorul de servicii interne, deşi fabrica a prevăzut întrerupător pe partea de 6 000 V, s-au folosit totuşi siguranţe fuzibile potrivit prescripţiilor.

Transformatorul de servicii interne 30 kVA; 6 000/400 V avînd un volum mic de ulei nu este prevăzut cu conservator.

Dispoziţia aparatajului în celule aşa cum rezultă din figura 3 este cea obişnuită pentru staţii de 6 kV pe un singur nivel.

În celulele de curent continuu se găsesc întrerupătoarele ultrarapide de curent continuu de 1 500 V, 1 250 A cu bobine şi camere de stingere duble, fig. 7. Anclanşarea se face cu ajutorul unui motor de curent alternativ care urmează în acelaşi timp şi resortul de declanşare, dar asemenea ca la întrerupătoarele de 6 000 V, se pot efectua şi manual cu ajutorul unei pîrghii.

Separatoarele de curent continuu de 3 000 V, 2 000 A (fig. 8) de o construcţie simplă, cu izolatoare robuste cu armături interioare, sînt prevăzute pentru acţionare cu stanga.

Dispoziţia aparatajului în celulele de curent continuu s-a făcut deosebit de modul curent (fig. 9), întrerupătoarele, cîte două pe celulă, unul pentru bara de plus şi celălalt pentru minus, fiind amplasate deasupra barelor.

Această dispoziţie a fost dictată de necesitatea de a avea deasupra camerei de stingere a întrerupătoarelor un spaţiu liber de cel puţin 300 mm. Folosirea cea mai raţională a spaţiului celulei s-a obţinut compartimentînd-o orizontal

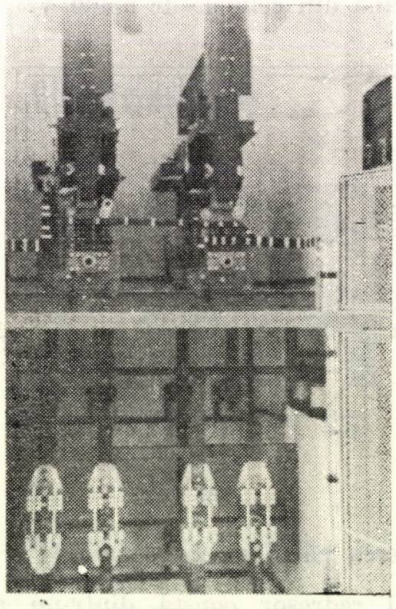


Fig. 9.

şi montînd la partea superioară întrerupătoarele, iar dedesubtul acestora barele şi separatoarele.

Pentru legăturile dintre aparate, atît la 6 000 V cît și la 825 V s-au prevăzut bare de cupru din cauza mediului marin.

Tabloul de comandă fig. 10 este compus din 3 panouri, primul (de la stînga la dreapta) fiind aferent părții de 6 000 V, al doilea grupului transformator redresor și al treilea pentru liniile de curent continuu.

Pentru a pune de acord schemele de protecțiesi automatizare cu prescripțiile privind protecția și automatizarea în stații, în afara panourilor sosite din import s-au mai echipat două panouri, unul cu releele de anclanșare automată a rezervei pentru alimentarea de siguranță pe partea de 6 000 V și altul pentru serviciile interne cuprinzînd aparataj de comutație, măsură și automatizarea pentru tensiunea de 380 V. Curentul operativ în întreaga instalație de comandă, semnalizare, protecție și automatizare este curentul alternativ de 380/220 V, stația nefiind prevăzută cu baterie de acumulatoare.

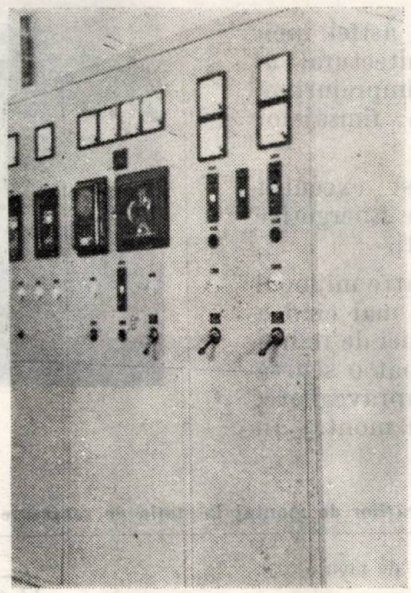


Fig. 10.

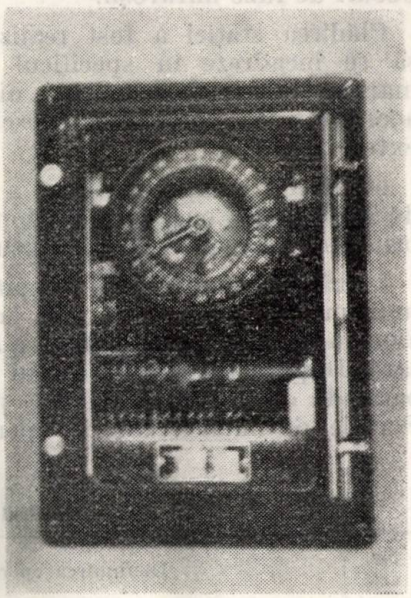


Fig. 11.

În lipsa bateriei de acumulatoare, pentru asigurarea continuității curentului operativ, serviciile proprii alimentate normal prin transformatorul de servicii interne conectat la barele de 6 000 V, pot fi alimentate și din rețeaua de joasă tensiune a stațiunii Mamaia. Trecerea pe alimentarea de siguranță la dispariția tensiunii pe alimentarea normală, se efectuează automat printr-un dispozitiv AAR.

Instalațiile de protecție și automatizare constau din:

a) *Liniile* de 6 000 V

— protecție maximală cu două relee electromagnetice directe;

— protecție de suprasarcină cu un releu termic direct;

— AAR realizat cu relee de tensiune și relee intermediare de curent alternativ fabricate în țară.

b) *Transformatorul hexafazat*

— protecție de gaze;

— protecție de supratemperatură.

c) *Redresorul*

— protecție maximală;

— protecție contra aprinderilor inverse cu releu de grilă;

— RAR dublu pe partea de 6 000 V și simplu pe 825 V

— AAR între cele două grupuri redresoare realizate cu un dispozitiv special pentru ambele automatizări;

— reglajul temperaturii redresorului cu o instalație specială de pornire și reglare a vitezei ventilatorului în funcție de temperatură.

d) *Liniile* de 825 V

— protecție maximală cu relee electromagnetice directe de curent continuu;

— RAR realizat cu dispozitiv similar cu cel de la redresor.

Pornirea și oprirea automată a grupului redresor și a liniilor de curent continuu se execută prin intermediul unui dispozitiv cu ceasornic (fig. 11), orele de oprire și pornire putînd fi reglate în funcție de necesități.

Cu ajutorul instalațiilor descrise mai sus, stația de redresare funcționează în întregime automat fără a fi necesară prezența în permanență a personalului de exploatare.

Ca principiu de funcționare dispozitivele de automatizare pentru AAR și RAR sînt de tipul cu motor ce acționează un tambur prin rotirea căruia se stabilesc contacte ce comandă operațiunile în succesiunea dorită.

De o execuție specială sînt unele relee intermediare aferente redresorului la care s-a realizat o izolare întărită a contactelor. Carcasele transparente ale releelor permit observarea atentă a stării și a funcționării contactelor.

Într-o etapă viitoare se prevede telecomandarea stației de redresare Mamaia din camera de comandă a stației Filimon Sîrbu care este o stație cu personal de exploatare.

Date de execuție

Clădirea stației a fost construită de Trustul local de Construcții din orașul Constanța, T.C.E.H. Dat fiind urgența lucrării, construcția

a fost executată în cca. două luni începînd la 15 februarie şi terminîndu-se cu finisaje către sfîrşitul lunii aprilie.

Pentru accelerarea uscării în vederea începerii montajului s-au folosit radiatoare cu becuri de raze infraroşii.

Clădirea staţiei a fost realizată astfel încît să se încadreze în specificul arhitectural al marilor hoteluri şi vilelor din împrejurimi, acordîndu-se o atenţie deosebită finisajelor exterioare (fig. 12).

Montajul echipamentelor a fost executat de Trustul de Construcţii şi Montaje Energetice prin Întreprinderea nr. 1 Bucureşti.

Lucrările de montaj au început către mijlocul lunii martie şi au durat pînă la 15 mai cînd a avut loc punerea în funcţiune a staţiei de redresare. După această dată a mai urmat o scurtă perioadă de asistenţă tehnică şi supraveghere. Forţele de muncă folosite pentru montaj au constat din patru echipe de muncitori calificaţi, trei de comutaţie primară şi construcţii metalice, şi una de comutaţie secundară, care au lucrat conform graficului de montaj.

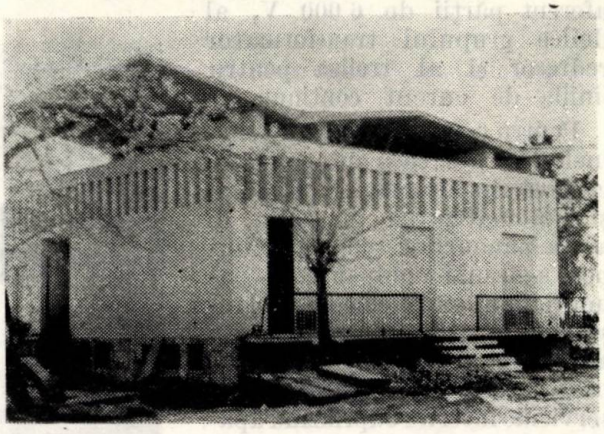
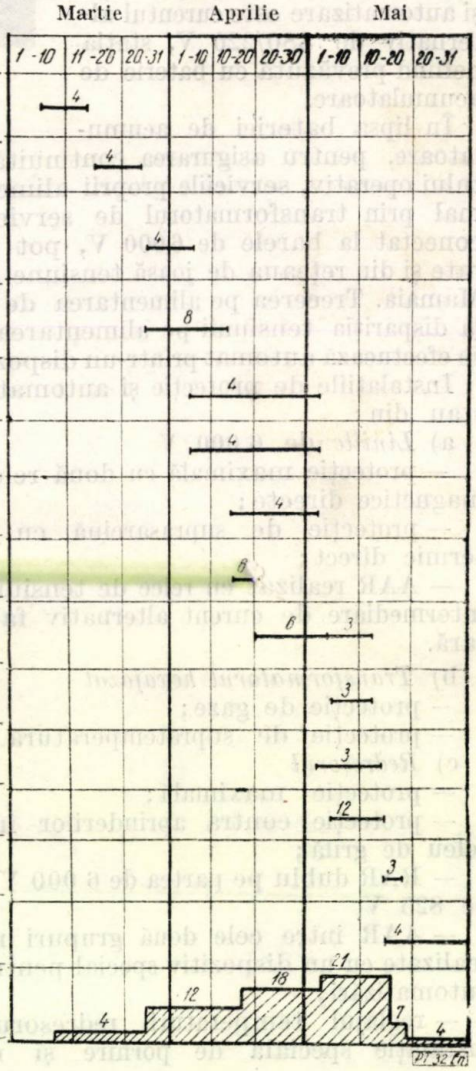


Fig. 12.

Graficul lucrărilor de montaj la staţia de redresare Mamaia

Nr. crt.	Denumirea operaţiei de montaj
1	Lucrări de organizare de şantier
2	Executarea prizei de punere la pămînt
3	Confecţionarea şi montarea scheletelor metalice pentru pereţii despărţitori ai celulelor
4	Confecţionarea şi montarea uşilor din plasă şi a panourilor metalice din faţa celulelor
5	Echiparea cu aparataj de comutaţie primară a staţiei de 6000 V
6	Echiparea cu aparataj de comutaţie primară a staţiei de 825 V
7	Montarea grupului transf. redresor şi legăturile aferente
8	Montarea tabloului de comandă şi a panourilor auxiliare
9	Pozarea cablelor de circ. secundare şi legăturile la şirurile de cleme
10	Montarea aparatelor de comutaţie secundară şi legăturile aferente
11	Verificări de laborator şi probe de funcţionare
12	Reglaje, vopsitorie, finisaje
13	Punerea în funcţiune şi proba complexă
14	Asistenţă tehnică a personalului de exploatare şi lichidarea şantierului
	Dinamica forţelor de muncă



În perioada finală s-a mai adăugat o echipă de laborator pentru verificarea și efectuarea probelor instalațiilor.

Pe șantier s-au executat atît lucrări de montaj, cît și de confecțiuni metalice.

Ca prefabricate în afara celor sosite din import, s-au mai folosit cele două panouri de servicii interne și AAR executate în atelierele TCME la București și cutiile de cleme pentru celulele de 6 000 V executate de o întreprindere de Construcții Metalice din Constanța.

Date de exploatare

Deși, așa cum s-a arătat, stația de redresare Mamaia este prevăzută să funcționeze fără personal de exploatare permanent, funcționarea ei a fost supraveghiată în lunile de vară ale anului 1960, de personal în tură, pentru a cerceta comportarea agregatelor și automatizărilor și pentru a culege o serie de date necesare la intrarea în funcțiune a unei instalații noi.

În perioada 15 mai — 1 septembrie 1960, s-a constatat funcționarea în bune condițiuni a tuturor instalațiilor stației.

Încărcarea redresorului a variat între 100 A în lunile mai și iunie și 1 100 A (vîrful maxim) în lunile iulie și august.

Ținînd seama că, în acest an deși nu s-a dispus de numărul de troleibuse necesar în timpul sezonului traficului Constanța—Mamaia (fiind întrebuințate și autobuse), sarcina maximă a fost totuși de 1 100 A, (peste cea nominală a redresorului), rezultă evident pentru anul viitor necesitatea montării celui de al doilea grup redresor de 1 000 A.

Unele avarii ca scurtcircuitele pe liniile de c.c. de 825 V (rezultate prin sărirea captatoarelor troleibuselor) au fost lichidate rapid prin funcționarea protecției și a RAR-ului pe linii.

Supraîncălzirea transformatorului hexafazat apărută la intrarea în funcțiune a stației (cînd s-au uitat închise jaluzelele de ventilație ale boxei transformatorului) a fost de asemenea lichidată de protecția de supratemperatură.

După deschiderea jaluzelelor nu s-a mai înregistrat supraîncălzirea transformatorului nici la sarcina maximă de 1 100 A și cu toată temperatura ridicată din lunile iulie și august.

Comportarea stației de redresare Mamaia în perioada menționată mai sus confirmă justețea concepției alimentării rețelelor de tracțiune electrică în orașe din cîteva stații de redresare mari (în punctele foarte încărcate), înconjurate de o serie de stații de redresare mici automatizate sau telecomandate, amplasate spre extremitățile arterelor foarte lungi și cu trafic intens.

Calculul iluminatului fluorescent

În ajutorul proiectantului de instalații electrice de iluminat fluorescent, cu tuburi romînești livrate de Electrofar—București

Ing. D. I. DINULESCU

Intreprinderea Electrofar din București producea tuburi fluorescente pe care le montează în corpurile de iluminat fabricate de Electro-Banat-Timișoara, livrînd corpuri de iluminat fluorescent echipate complet cu tuburile fluorescente și accesoriile corespunzătoare.

Pentru cunoașterea caracteristicilor acestor produse, care au o largă întrebuințare*, întreprinderea Electrofar are un catalog de prezentare a lămpilor fluorescente, în care se vor da și anumite îndrumări tehnice în legătură cu proiectarea și instalarea iluminatului fluorescent, domeniu relativ nou pentru proiectanții și instalatorii noștri.

Întrucît pînă la tipărirea și difuzarea acestui catalog va mai trece cîtva timp, am socotit util să facem cunoscut cît mai devreme unele elemente din acest catalog și cîteva îndrumări practice, care să ușureze munca de proiectare a iluminatului fluorescent, domeniu diferit întrucîtva de iluminatul incandescent și în care nu avem deocamdată prescripții precise în normativele în vigoare și nici îndrumări suficiente în literatura existentă.

* În conformitate cu dispozițiile Ministerului Industriei Grele, la Halele industriale ce se vor proiecta se va prevedea în general iluminatul cu lămpi fluorescente. De asemenea de cîte ori se va proceda la reparații capitale ale instalațiilor de iluminat în hale existente, se va introduce acest fel de iluminat.

A. Informații asupra producției de tuburi fluorescente

Întreprinderea Electrofar poate livra deocamdată numai două tipuri de corpuri de iluminat, ce se vor putea folosi numai la instalațiile interioare obișnuite, adică în încăperi fără pericol de explozie. Aceste tipuri sînt :

— Tipul CK (TK), cu reflector, pentru încăperi industriale.

— Tipul CM (TM), fără reflector, pentru birouri, locuințe etc.

— Tipul CK (TK) se poate livra în două modele : CK — A (TK. 12) cu repartiția fluxului luminos numai în jos (repartiție directă), fără goluri în partea superioară a reflectorului. CK—B (TK. 13), cu repartiția fluxului luminos și în sus, prin golurile din partea superioară a reflectorului (repartiție semidirectă).

După culoarea luminii, tuburile fluorescente cu care se echipează actualmente corpurile de iluminat pot fi de două feluri :

— tip CC, culoarea lumină albă (întrebuințate în industrii, birouri etc.)

— tip EE, culoarea albă ca lumina zilei (folosite în cazuri speciale unde este necesar să se distingă nuanțele culorilor, sau pentru iluminări foarte mari. ($E > 300$ *lx*).

Corpurile de iluminat CK sau CM pot avea în mod obișnuit 1,2,3 sau 4 tuburi fluorescente de 20 W, 40 W sau 65 W, simbolul lor scriindu-se spre exemplu : CK. 240 și citindu-se : corp de iluminat fluorescent tip C.K. (cu reflector), echipat cu 2 tuburi a 40 W putere nominală.

Factorul de putere al lămpilor fluorescente fără condensatorul de compensare este foarte scăzut, de ordinul 0,55.

Lămpile echipate complet, adică și cu condensatorul respectiv, au un cos φ = circa 0,95, *valoare care se ia în considerare în calculul iluminatului fluorescent.*

Electrofar fabrică lămpi fluorescente numai pentru 220 V. Greutatea unui corp de iluminat CM 240 complet echipat este de 5,5 kg, iar a unui corp CK 240, care față de CM 240 are în plus și reflector (fără grătar), este de 7,4 kg.

Deocamdată, nu se fabrică grătare la reflectoare. Se vor folosi în viitor pentru tipurile decorative.

Prețurile informative ale corpurilor de iluminat complet echipate cu tuburi fluorescente și anexele respective sînt următoarele :

— CK 240 = 350 lei/buc.
— CM 240 = 250 lei/buc.

Întreprinderea „Electrofar" fiind recent înzestrată cu cele mai moderne instalații, produsele sale din sectorul lămpi fluorescente sînt la nivelul tehnicii mondiale.

B. Indrumări pentru calculul fotometric

Pentru calculul fotometric al instalației electrice de iluminat fluorescent se poate folosi o formulă similară, dar puțin deosebită de cea întrebuințată la iluminatul incandescent, și anume :

$$N = \frac{E \cdot S}{u \cdot \Phi_e \cdot n},$$

în care :

N este numărul corpurilor de iluminat fluorescent ;

E — iluminarea prescrisă în lx. (vezi recomandările din tabela 1) ;

S — suprafața iluminată în $m^2 = a \times b$ = lungimea × lățimea în cazul încăperilor cu suprafață dreptunghiulară ;

u — coeficientul de utilizare (vezi tabela 3) a cărui valoare în funcție de indicele de încăpere (i) și de coeficienții de reflecție ai tavanului (ρ_t) și ai pereților (ρ_p) a fost stabilită ținîndu-se seama și de randamentul corpurilor de iluminat (η) și de coeficientul de depreciere D = circa 1,4, care din acest motiv nu mai apare în formulă, ca la iluminatul incandescent ;

Φ_e — fluxul în lumeni al unui tub fluorescent, stabilizat după o primă funcționare de 100 ore (vezi tabela 2) ;

n — numărul tuburilor fluorescente (1,2,3 etc.) care compun corpul de iluminat fluorescent.

Indicele de încăpere, care în cazul iluminatului incandescent se calcula cu formula $i = \frac{a \times b}{h(a+b)}$, în cazul iluminatului fluorescent se calculează cu altă formulă, și anume :

$$i = \frac{0{,}2\,a + 0{,}8\,b}{h},$$

unde, ca și în cazul iluminatului incandescent, avem :

a — lungimea încăperii, în m ;
b — lățimea încăperii, în m ;
h — înălțimea încăperii socotită de la nivelul planului de lucru (cota 0,8 m de la pardoseală) pînă la corpul de iluminat.

Factorul de reflexie al tavanului (ρ_t = 0,7 ori 0,5 sau 0,3) și al pereților (ρ_p = 0,5 ori 0,3 sau 0,1) se alege astfel:

— alb, foarte curat = 0,7
— alb, = 0,5
— culori medii cenușii = 0,3
— culori întunecate = 0,1.

Se precizează că metoda coeficientului de utilizare (expusă mai sus) este o metodă aproximativă de calcul al iluminării medii și că există încă numeroase alte metode de calcul.

În catalogul Electrofar se dau și pentru corpurile de iluminat CK 12—140 și CK 12—165, precum și pentru corpurile de iluminat cu 2 tuburi CK 12—240 și CK 12—265 diagramele distribuției luminoase în planurile *A* (longitudinal) și *B* (transversal), pentru a se face verificarea iluminărilor prin metoda punct cu punct.

C. Exemplu de calcul

Într-o sală de proiectare 24 m × 12 m, cu *h* plafon = 4 m, tavanul alb foarte curat (ρ_t = = 0,7) și pereții albi (ρ_p = 0,5) se vor instala corpuri de iluminat CM 240 (fără reflector) montate direct pe plafon.

Pentru determinarea numărului de corpuri de iluminat, se aplică formula :

$$N = \frac{E \times S}{u \cdot \Phi_e \cdot n},$$

în care vom lua :

E = 300 lx pentru săli desen, din tabela 1.

$S = 24 \times 12 = 288$ m².

Φ_e = 2 450 lumeni pentru tuburi de 40 W (tabela 2).

$n = 2$ = numărul tuburilor într-un corp de iluminat CM 240

Indicele de încăpere i se deduce din formula :

$$i = \frac{0{,}2\,a + 0{,}8\,b}{h} = \frac{0{,}2 \times 24\text{ m} + 0{,}8 \times 12\text{ m}}{4 - 0{,}8 - 0{,}2} = \frac{144}{3} = 4{,}8$$

unde :

a este lungimea sălii = 24 m ;

b — lățimea sălii = 12 m ;

h — înălțimea corpului de iluminat (cota 4—0,2) față de planul de lucru (cota 0,8) egal cu 4—0,2—0,8 = 3 m.

În tabela 3, pentru $\rho_t = 0{,}7$, $\rho_p = 0{,}5$ (adică coloana b) găsim în dreptul lui $i = 4$, $u = 0{,}43$, iar pentru $i = 5$, $u = 0{,}46$.

Prin interpolare găsim pentru $i = 4{,}8$, $u =$ aproximativ 0,45. Pentru sala de proiectare am ales corpuri de iluminat tip CM 240, adică fără reflector, cu 2 tuburi fluorescente; conform notei 3 de la tabela 3, coeficientul de utilizare u trebuie redus cu 20%, ajungînd la 0,45 × × 0,8 = 0,36.

Introducînd valorile stabilite, în formula de bază, vom avea :

$$N = \frac{300 \times 288}{0{,}36 \times 2\,450 \times 2} = \frac{86\,400}{1\,764} = 49 \text{ buc.}$$

Vom instala 48 de corpuri de iluminat CM 240, împărțite în 8 șiruri paralele cu lățimea sălii la distanța de 3 m unul de altul, ultimele șiruri fiind depărtate de pereți cu 1,5 m, avînd cîte 6 corpuri de iluminat pe fiecare șir, depărtate unul de altul cu 2 m din axă în axă, sau circa 0,8 m între extremitățile a 2 corpuri de iluminat.

Centrele tuburilor vor fi situate ca vîrfurile unor dreptunghiuri cu dimensiunile de 3 × 2 m.

Prin montarea a 48 de corpuri de iluminat, vom avea 297 *lx* iluminare medie în planul de lucru al sălii de proiectare.

Puterea totală absorbită de întreaga sală pentru iluminatul fluorescent va fi 48 de corpuri × 2 tuburi × 50 W = 4,8 kW, iar puterea specifică absorbită va fi

$$\frac{4\,800\text{ W}}{288\text{ m}^2} = 16{,}7\text{ W/m}^2.$$

Se reamintește că efectul stroboscopic este parțial redus prin montarea în același corp de iluminat a 2 tuburi fluorescente în decalaj de fază, montaj practicat de Electrofar la corpurile de iluminat CK_2 și CM_2.

Tabela 1

Iluminări recomandabile *(E)*

Categoria muncitor	Iluminarea recomandabilă (lx)	Exemple de munci corespunzătoare
F. fine	700—1 000	Ceasornicărie, săli de operații, etc.
Fine	300—500	Desen, culeș tipar, instrumente de măsură, bancuri asamblare, războaie de țesut, vitrine, confecții
Finețe medie	100—250	Dactilo, citire, cluburi, expoziții, frizerii, locuințe, magazine, muzee, restaurante, școli, spitale, strungărie brută, presaj
Grosolane	50—100	Brutării, bucătării, ambalaj, binale.
F. grosolane	20—40	Vălțuire, benzi transport, depozite, coridoare.

Notă : Se reamintește că oficiale sînt iluminările cuprinse în normativul pentru proiectarea iluminatului natural și artificial nr. 215—55 aprobat de CSCAS prin ord. nr. 92/11.mai.1955.

Tendința actuală este însă de a se majora și la noi aceste iluminări stabilite în anul 1955 ca iluminări minime, ținînd seama că pe plan mondial se manifestă o accentuată tendință de creștere a nivelelor de iluminare (vezi normele din U.R.S.S., S.U.A. etc.).

Caracteristicile lămpilor fluorescente *Tabela 2*

Tipul de lampă	Puterea nominală	Diametrul	Lungimea	Greutatea	Prețul	Culoarea albă (CC)	Culoarea albă lumina zilei (EE)
	W	mm	mm	kg	lei	Fluxul luminos — după 100 ore funcționare (lumeni)	
PF 20 W	20	38	590	0,160	24	980	750
PF 40 W	40	38	1 200	0,300	24	2 450	2 000
PF 65 W	65	38	1 500	0,360	24	3 900	3 240

Notă : La puterea nominală a lămpilor se mai adaugă puterea absorbită la accesoriile corpului de iluminat (bobină de șoc, starter și condensatoare), și se obține astfel puterea totală absorbită de un corp de iluminat, putere care intră în calculul iluminatului.

Tabela 3

Factorii de utilizare u. **Corpul de iluminat tip C.K. — A.** (tip industrial, cu reflector, cu repartiție directă)

Indice de încăpere (i)	Factor reflexie tavan (ρ_t)								
	0,7			0,5			0,3		
	Factor reflexie pereți (ρ_p)								
	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1
a	b	c	d	e	f	f	h	i	j
1,0	0,190	0,160	0,130	0,190	0,160	0,130	0,185	0,160	0,130
1,5	0,270	0,230	0,205	0,265	0,230	0,205	0,260	0,255	0,205
2,0	0,320	0,283	p,260	0,315	0,285	0,260	0,310	0,280	0,260
2,5	0,360	0,320	0,295	0,355	0,320	0,295	0,350	0,315	0,295
3,0	0,385	0,350	0,325	0,380	0,350	0,325	0,375	0,350	0,325
4,0	0,430	0,405	0,385	0,425	0,400	0,385	0,420	0,400	0,380
5,0	0,460	0,435	0,415	0,450	0,435	0,415	0,450	0,430	0,415
6,0	0,480	0,460	0,440	0,475	0,460	0,445	0,470	0,445	0,435
8,0	0,510	0,495	0,485	0,505	0,495	0,485	0,505	0,490	0,480
1 0,0	0,530	0,520	0,510	0,525	0,515	0,510	0,525	0,515	0,505

Notă:

1. Coeficientul de depreciere $D(K)$ = aproape constant = circa 1,4 este cuprins în valoarea lui u, așa că nu mai apare separat în formula de bază pentru determinarea numărului corpurilor de iluminat = N.
2. Pentru corpul de iluminat CK—B (tip industrial cu reflector, însă cu repartiția fluxului luminos și în sus, prin golurile reflectorului = repartiție semidirectă) valorile factorului de utilizare u sînt foarte apropiate de ale tipului C.K.-A. din tabela de mai sus, deci practic se pot lua aceleași.
3. Pentru corpul de iluminat C.M. (tipul pentru birouri, locuințe etc.) care nu are reflector, nu avem tabele pentru valorile lui u.
În acest caz, se pot lua, cu suficientă aproximație, pentru corpurile de iluminat C.M. valorile lui u corespunzătoare tipului C.K.-A. din tabela de mai sus, micșorate cu 20%, deoarece facem ipoteza că fluxul luminos util în cazul fără reflector este mai redus cu circa 20% decît în cazul cu reflector.

Pentru reducerea și mai mult a efectului stroboscopic se recomandă repartizarea corpurilor de iluminat pe cele 3 faze ale unui circuit trifazat. În cazul corpului de iluminat CK 240 sau CM 240, la puterea nominală 80 W a celor două tuburi de 40 W, se mai adaugă 18 W putere consumată de accesorii, ajungînd la o putere totală absorbită de 98 W. În general, la puterea nominală a tubului de 40 W corespunde o putere absorbită de 50 W.

CRONICĂ

A VI-a sesiune științifică a cadrelor didactice la Institutul Politehnic București

În zilele de 17—18 decembrie 1960 la Institutul Politehnic București, a avut loc cea de-a VI-a sesiune de comunicări a cadrelor didactice. După cuvîntul de deschidere rostit de rectorul Institutului, prof. C. Dinculescu, a urmat comunicarea profesorului Valter Roman intitulată: *„Revoluțiile sociale și revoluțiile tehnico-științifice de-a lungul secolelor și influența lor asupra progresului istoric"*.

Referatele au fost comunicate în cadrul a 20 secții de specialitate. Din totalul de 216 lucrări prezentate, un număr de 160 lucrări au fost cuprinse în plan iar 56 s-au întocmit în afara planului.

Problemele de energetică generală (termoenergetică, hidroenergetică, electroenergetică, energetică nucleară) au fost comunicate și discutate pe cuprinsul a 9 secții de specialitate. Lucrările științifice care au atacat probleme energetice sînt în număr de 21 (12 la secția XI energetică iar restul comunicărilor în celelalte 8 secții).

În domeniul termoenergeticei s-au prezentat următoarele lucrări:

1. Prof. C. Dinculescu, membru corespondent al Acad. R.P.R., conf. N. Dănilă, candidat în științe tehnice, conf. Costin Moțoiu, asistent Corneliu Burducea și asistent Venera Dudaș: *„Randamente posibile la cazane de abur folosind combustibili din R.P.R."*. Se calculează randamentele cazanelor de abur cu parametri înalți și debite de abur ridicate, considerîndu-se anumite tipuri de focare, la agregate de cazane moderne ce se vor monta în țara noastră și care vor folosi drept combustibili lignit din bazinele Olteniei, cărbune de Valea Jiului.

2. Prof. dr. Isac Blum, conf. Dumitru Ionescu șef lucrări Martin Rosemberg și asistent Furmuzache Barca: *„Influența cantității de cenușă asupra caracteristicilor brichetelor cu liant destinate fabricării cocsului metalurgic și utilizării în scopuri energetice"*. S-au studiat posibilitățile de brichetare folosind ca liant bitum petrolifer para-

finos tip D atît a cărbunelui de P. A. L.V. cît și a ligniților de Rovinari, și se arată posibilitățile folosirii acestor cărbuni în scopuri energetice.

3. Prof. Mircea Postelnicescu și preparator Petre Vezeanu: *„O metodă grafico-analitică pentru stabilirea eficacității diverselor repartizări ale suprafețelor de la cazanele de abur"*. După expunerea teoriei se exemplifică metoda pe un caz particular de dispunere încrucișată a preîncălzitorului de aer și a economizorului apoi printr-un alt exemplu se stabilește temperatura optimă de preîncălzire a aerului de ardere.

4. Prof. I. D. Stăncescu și șef lucrări Alexandru Mișu: *„Ridicarea parametrilor echipamentelor centralelor de termoficare industriale mici"*. Se analizează eficiența economică a folosirii în centralele de termoficare industriale mici a echipamentelor cu parametri mai înalți decît cei care se aplică în mod curent în țara noastră. Se fac propuneri concrete în legătură cu tipurile și parametrii instalațiilor principale pentru astfel de centrale.

5. Prof. I. D. Stăncescu și conf. Ioan Arsenie Badea: *„Influența rezervei de abur și a debitului termic de vîrf, instalate în cazanele de înaltă presiune asupra relațiilor de determinare a prețului de cost al energiei electrice și căldurii produse în centralele de termoficare"*. Ca o completare necesară a metodei noi, obiectivă, prezentată în anul 1954 în cadrul sesiunii de comunicări a Academiei R.P.R. privind determinarea prețului de cost al energiei electrice și termice produse în CET, în lucrare se arată că rezerva de abur în cazanele de vîrf nu influențează cheile de repartiție a amortizărilor pentru instalațiile comune și se prezintă indicii de corecție care țin seama de debitul termic de vîrf instalat în cazanele de înaltă presiune.

6. În domeniul hidroenergetic s-a prezentat de către prof. dr. Dorin Pavel lucrarea: *Stabilirea căderilor optime a hidrocentralelor"*. În comunicare se face pe scurt o comparație economică între hidroelectrificare și termoelectrificare, apoi se analizează efectul sporirii căderilor aspura economicității construcțiilor hidrotehnice. Se dezvoltă o metodă analitică nouă, care conduce la determinarea directă a investițiilor a echipamentului electromecanic funcție de cădere (H), puterea instalată (P), puterea unitară a grupurilor.

7. Prof. Martin Bercovici, membru corespondent al Acad. R.P.R.: *„Contribuție la studiul rețelelor electrice pe bază topologică"*. Se deduc formulele de calcul al rețelelor electrice prin metoda tensiunilor la noduri, metoda perechilor de noduri și metoda circuitelor închise, folosind considerente de topologie. Se deduc formulele matriciale ale lui Kron fără a se recurge la noțiuni de rețea primitivă și rețea auxiliară. Aceasta permite folosirea mașinilor digitale de calcul, mult mai ușor, la determinarea regiunilor de funcționare a rețelelor electrice.

8. Conf. Gleb Drăgan, candidat în științe tehnice: *„Contribuție asupra determinării supratensiunilor induse în liniile aeriene de înaltă tensiune"*. Se analizează supratensiunile atmosferice induse în liniile aeriene de înaltă tensiune în cazul căderii trăsnetului în apropierea liniei și se arată în ce condiții relațiile matematice deduse pot fi folosite cînd trăsnetul cade chiar pe linia aeriană.

9. Conf. Constantin Mocanu: *„Probleme de valori în teoria liniilor lungi multificare.*

10. Conf. Eugen Potolea, candidat în științe tehnice: *„Scheme echivalente pentru liniile două conductoare-pămînt"*. Se indică unele scheme echivalente pentru studierea regimului de funcționare a rețelelor electrice D.C.P. cu aplicație la determinarea curenților de scurtcircuit trifazați și a celor bifazați fără punere la pămînt.

11. Conf. Hascal Lazăr, candidat în științe tehnice. *„Influența gradului de dezacordare a bobinei de stingere asupra tensiunii de revenire pe faza pusă la pămînt"*.

12. Asist. Anatol Carabulea: *„Domeniul de aplicare și rentabilitate a sistemului două conductoare-pămînt"*. Se analizează, prin comparație cu rețelele electrice trifazate normale, avantajele tehnico-economice ale rețelelor electrice D.C.P. echipate cu diverse tipuri de conductoare. Se fac unele propuneri noi în acest sens. Se arată pe baza unor considerații inedite că sistemul două conducătoare pîmînt constituie o metodă adecvată pentru susținerea și grăbirea ritmului de electrificare a țării noastre.

Probleme în legătură cu influența liniilor de energie electrică asupra celor de telecomunicații sînt cuprinse în comunicările:

13. Prof. Sergiu Condrea, șef lucrări Gh. Pisău și asistent Dinu Straulea: *„Metode de măsură și de calcul al conductivității solului în problemele de protecție a liniilor de telecomunicații"*.

14. Prof. Paul Postelnicu: *„Calculul apropierii admisible între o linie aeriană de telecomunicație și o linie de energie de înaltă tensiune, echipată cu sisteme de curenți purtători"*.

În problemele de centrale și stații electrice, protecții și automatizări s-au prezentat 7 lucrări:

15. Prof. C-tin Dinculescu, membru corespondent al Acad. R.P.R., conf. Arie Arie, asist. Jean Pomîrleanu, asist. Suzette Marcu, asist. Stelian Popescu, șef lab. Dorin Cristescu, ing. Carol Negreanu, ing. Eug. Neniță și arhitect Emil Ciortan de la IS.P.E.: *„Realizarea unui laborator de centrale și rețele*

electrice și unele probleme principale ce se pot studia în acesta". După ce se descriu părțile principale ale laboratorului ca : sala mașinilor (două grupuri a 25 kVA), camera de comandă, stația de conexiuni, dispozitivele de modelare a liniilor electrice și a netrului sistemului (pămîntul) se precizează că instalațiile enumerate sînt aceleași ca și într-o centrală electrică. Pentru realizarea scurtcircuitelor există montat un panou special. Laboratorul permite pe de o parte efectuarea cu studenții a unor manevre curente de exploatare a centralelor iar pe de altă parte înlesnește corpului didactic studiul unor probleme de cercetare în domeniul protecției automaticei, liniilor lungi etc.

16. Prof. dr. Tudor Tănăsescu, membru corespondent al Acad. R.P.R., șef lab. Marius Guran, asist. Aurelia Tunsoiu și șef lab. Adrian Petrescu: „*Model electronic de reactor nuclear*".

17. Conf. Călin Mihăileanu: „*O metodă de prezentare unitară a releelor de protecție de distanță și direcționale*".

18. Conf. Gleb Drăgan, candidat în științe tehnice, preparator Lucia Marele și ing. Iancu Benedict de la Uz. Electroputere-Craiova „*Considerații asupra caracteristicilor de funcționare a unui clidonograf construit la I.P.B. Influența electrozilor de diferite forme*". Se descrie un clidonograf construit la I.I.B. în cadrul unui proiect de diplomă și se arată influența formei electrozilor asupra caracteristicilor de funcționare.

19. Conf. Sergiu Călin, candidat în științe tehnice : „*Sinteza generală a sistemelor automate prin intermeniul caracteristicilor logaritmice atenuare — frecvență ale sistemelor în stare deschisă*". În comunicare se prezintă o metodă de sinteză generală a sistemelor automate prin intermediul caracteristicilor logaritmice atenuare-frecvență care permite determinarea directă a funcției de transfer a sistemului deschis în conformitate cu performanțele impuse.

20. Conf. Gh. Hortopan „*Analizorul de rețea pentru studiul fenomenelor tranzitorii*". Se prezintă uneie probleme legate de funcționarea întreruptoarelor de înaltă tensiune în rețelele electrie și se fac propuneri privind realizarea unui analizor de rețea pentru studiul fenomenelor tranzitorii care apar la deconectarea întreruptoarelor.

21. Asistent Paul Buhuș „*Regimurile economice de funcționare în paralel a transformatoarelor cu trei înfășurări*".

Din lucrările prezentate 10 au fost premiate și menționate. Referatele au fost urmate de discuții ample în care s-au analizat fondul lucrării, legătura lor cu practica, aspectele originale, precum și utilitatea lor imediată sau viitoare privind aplicarea lor în proiectare și exploatarea instalațiilor în domeniul energetic din țara noastră.

În majoritatea lor lucrările prezentate sînt interesante, prezintă probleme tehnice noi sau în mare parte noi, cu aplicații practice curente sau de viitor. Unele probleme tratate au antrenat colective largi cuprinzînd o serie de colaboratori din producție. Deși prezentarea lucrărilor este mulțumitoare ca formă, se preconizează totuși ca în viitoarele sesiuni, lucrările științifice (acolo unde este cazul) să fie însoțite de un material grafic corespunzător.

În cursul ședinței de închidere rectorul Institutului Politehnic a apreciat că nivelul lucrărilor prezentate este corespunzător și merge pe o linie ascendentă, și a recomandat cadrelor tinere și vîrstnice să-și unească eforturile pentru a obține rezultate din ce în ce mai bune. Prin îndreptarea cercetării științifice către problemele producției vom reuși să introducem în industrie și în celelalte sectoare ale economiei naționale, tehnica nouă, automatizarea care vor duce pe calea creșterii productivității muncii și a scăderii prețului de cost la creșterea nivelului de trai.

A. C.

Simpozionul „Încălzirea clădirilor în București"

În fața unei numeroase asistențe compuse din specialiști în domeniul urbanisticei, construcțiilor, instalațiilor și energeticei din capitală, tov. ing. B. Marcu a prezentat în numele secției de Energetică-Electrotehnică, principalele obiective ale simpozionului, insistînd asupra legăturii strînse ce trebuie să existe între proiectarea încălzirii clădirilor și realizarea termoficării orașului București.

Ciclul de referate a fost deschis cu comunicarea : „*Condițiile termice necesare clădirilor în timpul perioadei de încălzire*" prezentată de de tov. ing. E. Dimitriu-Vîlcea (INCERC). Referentul a arătat că trebuie asigurată, în timpul iernii, clădirilor supuse atît la variația temperaturii exterioare cît și a temperaturii interioare, o variație a parametrilor aerului interior în limitele unui climat confortabil (temperatură, umiditatea relativă, temperatura suprafeței interioare a elementelor etc.). Pentru realizarea valorilor normate, în funcție de destinația clădirii este de o deosebită importanță stabilirea unor parametri ca : temperatura exterioară de calcul, capacitatea de izolare termică și de acumulare termică necesară elementelor exterioare de construcții. În

continuare, referentul a arătat că, deoarece metoda de stabilire a temperaturii exterioare de calcul pentru instalații a fost concepută și aplicată la construcții tradiționale cu o inerție termică mare, s-a elaborat o nouă metodă care să poată fi aplicată în cazul clădirilor noi cu elemente avînd o inerție termică mică. Metoda este bazată pe noțiunea de „iarnă medie convențională" ca temperatură și durată, dedusă prin considerarea tuturor iernilor dintr-o perioadă de 20—25 ani. Temperaturile calculate după această metodă pentru peretele etalon de 1½ cărămizi de argilă sînt pentru localitățile țării noastre de la — 12 la —19°C. Ele sînt superioare celor rezultate pe baza metodei standardizate cu 3 ... 6°C, ceea ce conduce la o economie de 5 ... 8 % în instalațiile de încălzire, fără o înrăutățire sezisabilă a confortului interior.

Referatul se încheie prin relevarea condițiilor de calitate care trebuie să stea la baza concepției de realizare a capacității de izolare termică a elementelor de clădire :

a) *eficacitatea elementelor* exterioare de construcție care în condițiile diferitelor zone climatice ale țării noastre trebuie să aibă o anumită grosime și un anumit coeficient de transmitere a căldurii „k" care să permită realizarea confortului dorit. Compensarea lipsei de stabilitate termică la clădirile cu elemente ușoare, la oscilațiile temperaturii interioare sau exterioare, se realizează prin majorarea capacității de izolare termică care poate atinge 300—400 % la elementele cu o greutate unitară de cîteva zeci de kg/m². Prin înlocuirea instalațiilor intermitente de încălzire cu stațiuni de termoficare se stabilește un regim uniform de cedare a căldurii care permite realizarea confortului înclădiri ușoare cu inerții termice mici, executate din panouri mari ;

b) *continuitatea elementelor*, respectiv evitarea zonelor reci — punțile termice — care pot provoca condensarea vaporilor de apă pe suprafețele lor și

c) *rentabilitatea elementelor* care poate fi realizată prin stabilirea grosimilor pe baza criteriilor termoeconomice, astfel încît costul de construcție și al instalației de încălzire aferente precum și consumul de combustibil să fie min me.

Referatul „*Evoluția soluțiilor de încălzire în București*" prezentat de ing. C. Bărdeanu (IPROBUC) a cuprins o trecere în revistă a principalelor etape în evoluția mijloacelor și metodelor de încălzire a orașului București.

Prima etapă 1895—1925 care a cuprins atît amenajări de încălzire centrală în marile construcții publice cît și mici instalații în imobile particulare de locuit, s-a caracterizat prin aceea că agentul termic folosit a fost aburul de joasă presiune iar combustibilul utilizat a fost păcura pulverizată cu abur la cazanele de medie presiune și cocsul la cazanele de fontă.

Ca imobile publice, mai importante, prevăzute cu încălzire centrală în această epocă referentul a citat : Palatul Poștelor, Casa de depuneri, Institutul Dr. Babeș, Fac. de Medicină etc.

Etapa doua 1925—1944 reprezintă perioada de întrecere între agentul termic abur și agentul termic apa caldă. Cel din urmă, care poate asigura condițiuni sanitare superioare datorită temperaturii medii mult mai scăzute a suprafeței corpurilor de încălzire, a căpătat un rol predominant. Combustibilul utlizat în această etapă a fost în majoritatea cazurilor păcura, cu toate încercările făcute de a se introduce cărbunele granulat.

Totodată cazanele de fontă cedează aproape complet locul cazanelor secționale din țeavă de oțel, care sînt mult mai adecvate pentru combustibilul lichid.

În a doua parte a comunicării sale referentul s-a oprit asupra evoluției pe care a cunoscut-o acest domeniu după 23 august 1944, cînd datorită schimbărilor fundamentale petrecute în țara noastră, se imprimă un ritm nemaicunoscut în activitatea construcțiilor sociale.

S-a trecut la executarea de mari complexe industriale și de cvartale de locuințe muncitorești.

Încălzitul complexelor industriale s-a soluționat în mod individual în funcție de procesul tehnologic specific fiecărei industrii.

În ceea ce privește asigurarea arderii la generatoarele de căldură în această epocă se încearcă o serie de arzătoare pentru pulverizarea cît mai fină a păcurii și se impune în cele din urmă arăzorul funcționînd pe principiul cupei rotative. Ca instalații de încălzire de mari proporții se citează : instalația de la combinatul poligrafic „Casa Scînteii" la care agentul termic de transport, pentru prima dată utilizat la noi în țară, este apa fierbinte de 135°/70°C. Pentru blocurile de locuințe se instalează centrale de cvartal plasate într-unul din subsolul blocurilor, care pot aplimenta pînă la cca. 800 de apartamente. Cazanele din aceste centrale sînt din țeavă de oțel.

În acest mod au fost echipate evartalele de locuințe de la : București Noi, Vatra Luminoasă, B-dul Muncii, Drumul Murgului, B-dul Mareșal Suvorov, Piața Gării de Nord etc. și sînt în curs de construcție cele de pe Șos. Giulești, Calea Griviței etc.

În continuarea simpozionului a fost urmărit cu un viu interes referatul „*Posibilitățile și problemele termoficării în București*" de prof. ing. I. D. Stăncescu și ing. A. Mișu (prezentat de ing. A. Mișu).

După precizarea noțiunii de termoficare, prin care se înțelege producerea combinată de energie electrică și de căldură și distribuirea acesteia printr-o rețea, referatul prezintă schema de principiu a unui sistem de termoficare urbană, compus din sursă de căldură, centrala electrică

de termoficare (CET) —, rețeaua de termoficare și racordurile abonaților. Se explică apoi diagrama de reglaj, după care se reglează temperatura în conductele de ducere și întoarcere, funcție de temperatura exterioară.

Avantajul principal al producerii combinate a energiei electrice și a căldurii este realizarea unei importante economii de combustibil, ducînd la reducerea cheltuielilor anuale de exploatare și la reducerea investițiilor în instalațiile de extracție a combustibililor. După calculele efectuate de referenți, dacă economia de combustibil se consideră realizată în lignit, atunci atît investițiile cît și cheltuielile anuale la alimentarea cu căldură și energie electrică prin termoficare sînt mai reduse ca în cazul alimentării separate : cu căldură din instalații de cazane și cu energie electrică din centrale termoelectrice de condensație. Plusul de investiții în cazul termoficării se recuperează în 1—3 ani din economia de cheltuieli anuale.

În continuare referatul a indicat că la determinarea consumului de căldură au o influență esențială caracteristica de încălzire x a clădirilor care crește cu cît zidurile construcțiilor sînt mai subțiri, precum și temperatura exterioară minimă de calcul.

În ceea ce privește pe x va trebui stabilită valoarea lui justă ținînd seama de economia în construcții și de cheltuielile pentru încălzire. Temperatura exterioară minimă de calcul hotărîtoare pentru dimensionarea întregului sistem de termoficare, trebuie stabilită luînd în considerare și capacitatea de acumulare de căldură a clădirilor.

În concluzie s-a amintit că termoficarea a și început în București și se va dezvolta rapid în anii următori.

Deasemenea s-a subliniat că ducerea la bun sfîrșit a termoficării în București, pentru care sînt create toate, condițiile, cere o colaborare strînsă între urbaniști, constructori, instalatori și energeticieni.

În încheierea simpozionului a fost prezentat referatul : *„Aspecte din primele lucrări de termoficare în orașul București"* prezentat de ing. M. Voinea (ISPE).

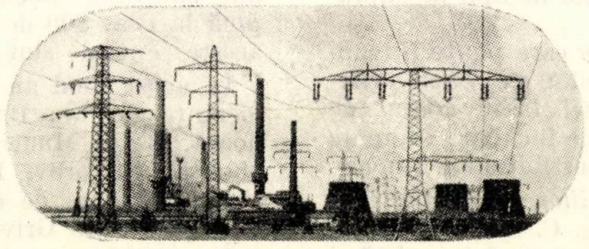
Referentul, care se preocupă în special de problemele termoficiării orașului București, a arătat că în prezent se propune organizarea unui colectiv de proiectare și a unei întreprinderi specializate în execuția rețelelor de termoficare. Totodată se insistă asupra fabricării în țară a schimbătoarelor de căldură, compensatoarelor axiale, aparatelor de măsură, automatizare și control etc.

* * *

Simpozionul *„Încălzirea clădirilor în București"* s-a axat pe linia trasată de Secția Energetică-Electrotehnică a Consiliului Central ASIT de ridicare a nivelului tehnic, de introducerea tehnicii moderne în munca de cercetare și proiectare în vederea ridicării ei la nivelul tehnicii mondiale.

Prin organizarea cu succes a unor consfătuiri și simpozioane în problemele energetice cele mai importante și mai actuale, secția a stimulat inițiativa membrilor asociației pentru rezolvarea cu succes a principalelor sarcini trasate de Congresul al III-lea al Partidului Muncitoresc Romîn în domeniul marilor construcții energetice.

D.B.F. și N.S.



Ministerul Centralelor Electrice din U.R.S.S. **Reguli de amenajare a instalaţiilor electrice.** Cap. II-4,. **Linii aeriene de transport de energie electrică, cu tensiuni pînă la 1 000 V.** (Traducere din limba rusă) Editura Energetică de Stat (Gosenergoizdat) Moscova, 1959.

Noua ediţie a prescripţiilor sovietice pentru construcţia liniilor aeriene de joasă tensiune (pînă la 1 000 V) are ca ideie de bază realizarea unei reţele de distribuţie de bună calitate în cuprinsul localităţilor, cu obţinerea unor condiţii suficiente de siguranţă la traversarea altor linii electrice, căilor de comunicaţii şi a altor obiecte şi păstrarea unor distanţe suficiente faţă de acestea, spre a nu stingheri circulaţia şi alte funcţiuni vitale din localităţi.

În ceea ce priveşte condiţiile meteorologice de calcul ale liniilor de joasă tensiune, ţinîndu-se seama de amplasarea acestor linii în zone locuite sau în localităţi urbane şi rurale, s-a limitat viteza maximă a vîntului, considerată în calcule, la 25 m/s., chiar dacă se înregistrează vînturi mai puternice în zona respectivă. De asemenea, depunerile de chiciură (polei) pe conductorii liniilor, se limitează în calcul la grosimi de 10 sau 15 cm faţă de o grosime de maximum 20 mm, luată în considerare în calculul liniilor electrice aeriene de înaltă tensiune (cu tensiuni peste 1 000 V). Prescripţiile indică mai departe secţiunile minime de conductori, în linii curente şi derivaţii, precum şi în branşamente din acestea, precum şi un coeficient de siguranţă nominal, la tracţiunea în conductori, de 2 pentru conductori-funie şi 2,5 pentru conductori masivi. Valoarea 2,5 este folosită şi în traversările peste căi ferate, tramvaie, troleibuse şi circuite de telecomunicaţii, unde se practică şi dubla suspensie (pe doi izolatori) a conductorilor.

Se prevede aşezarea conductorului neutru al circuitelor de distribuţie dedesubtul celor de fază, iar conductorii iluminatului public sub conductorul neutru. Aceasta, întrucît la conductorul neutru se umblă cu ocazia montării tuturor branşamentelor monofazate şi lămpilor de stradă, eliminînd în parte pericolul atingerii fazelor sub tensiune. Totodată însă, trebuie luate măsuri speciale pentru protecţia instalaţiilor din clădiri contra supratensiunilor, prin legări speciale la pămînt ale suporţilor de izolatoare, pe stîlpii de derivaţie ai branşamentelor, în zone neecranate de arbori şi clădiri înalte, şi anume cu atît mai dese, cu cît frecvenţa descărcărilor atmosferice este mai mare. Simultan se îndesesc şi legările la pămînt ale conductorului neutru (admise în mod normal la circa 500 m, prin prescripţiile separate privind legări la pămînt).

Toţi stîlpii metalici şi armăturile de oţel ale stîlpilor de beton armat se leagă la conductorul neutru, iar acesta se montează pe izolatoare.

Prescripţiile noi sovietice de linii de joasă tensiune întăresc principiul de calcul al stîlpilor corespunzători numai la regim de funcţionare normală, cu conductori nerupţi. Totodată, ca element nou se prevede condiţia ca orice ancoră de stîlpi, indiferent de tensiunea liniei suportate, să fie izolată de stîlp, prin izolatoare de tracţiune, sau legată la pămînt. În cadrul subcapitolului tratînd despre stîlpi, se mai dă o tabelă precizînd adîncimile de îngropare a stîlpilor de lemn, în funcţie de caracteristicile solului, de lungimea stîlpilor şi de secţiunea conductorilor suportaţi.

Subcapitolul cel mai important din prescripţiile recenzate tratează despre încrucişări şi apropieri cu alte linii, cu căi de comunicaţie şi diferite alte construcţii şi obiecte. Din prevederile acestui subcapitol este de reţinut în primul fapt că nu se normează unghiul de încrucişare cu axele altor linii sau căi corespunzătoare pericolului mai redus pe care-l prezintă liniile de joasă tensiune la eventualele lor căderi respectiv influenţele neglijabile ce au asupra liniilor de telecomunicaţii, la traversarea lor sub un unghi ascuţit. Mai departe, este de relevat interdicţia traversării cu linii de joasă tensiune peste clădiri, limitîndu-se distanţa orizontală faţă de pereţi, ferestre şi balcoane. Soluţia este adecvată reţelelor aeriene de la periferiile oraşelor şi din sate, în ipoteza că în zonele dens clădite reţelele de distribuţii de joasă tensiune se prevăd numai în cablu subteran.

O noutate o mai prezintă reglementarea trecerilor de linii aeriene de joasă tensiune pe sub trasee de telecomunicaţii, inevitabile în cazul branşamentelor din zonele periferice ale oraşelor şi din reţelele rurale, — precum şi menţionarea condiţiilor de amplasare pe stîlpi comuni a liniilor din aceste două categorii şi de tracţiune electrică, cu trimiterea la alte prescripţii şi instrucţiuni speciale. Pentru încrucişări cu căi ferate cu trafic normal, cu căi ferate electrificate şi cu autostrăzi de categoria I se recomandă şi varianta trecerii de dedesubt, în cablu subteran, urmînd a se alege între traversarea aeriană a acestor căi şi trecerea în cablu, pe bază de calcul comparativ tehnico-economic.

La traversarea peste linii de contact ale tramvaielor şi troleibuselor, se admit stîlpi de susţinere, verificaţi la ruperea unui conductor, în locul stîlpilor de întindere ; traversarea consolelor reţelelor de contact pentru tramvaie şi troleibuse se admite totodată numai în cazuri excepţionale, prevăzîndu-se o izolaţie dublată, faţă de console, a conductorilor de contact.

Prescripţiile recenzate prevăd condiţii severe pentru paralelismele liniilor electrice de joasă tensiune (sub 1 000 V) cu căi ferate de trafic normal şi drumuri de categoriile I-a şi a II-a, în sensul că liniile trebuie menţinute la distanţe egale cu înălţimea stîlpilor peste sol plus trei metri, pînă la cea mai apropiată şină de cale ferată, respectiv 1,5 m minimum pînă la marginea exterioară a şanţului şoselelor, în zone aglomerate.

Aceasta conduce la trecerea în cablu a tuturor circuitelor în apropierea căilor ferate, inclusiv cele de alimentarea iluminatului între liniile ferate din gări, precum şi la limitarea reţelelor aeriene de distribuţie de joasă tensiune, numai pe artere de circulaţie relativ largi. Prescripţiile se încheie cu prevederi asupra încrucişărilor liniilor aeriene electrice cu tensiuni pînă la 1 000 V cu obiecte speciale (poduri, funiculare, conducte cu destinaţie specială) şi asupra trecerii lor în apropierea aeroporturilor.

Ing. **Vlad Rădulescu**

Triunghiul arderii gazelor de sondă

Compoziție medie : $CH_4 = 90\,\%$
$C_2H_6 = 6\,\%$ $L_0 = 10{,}5\ m^3/m^3$
$C_3H_8 = 4\,\%$ $CO_{2\,max} = 1{,}14\ m^3/m^3$

Ardere cu $CO_{2\,max}$

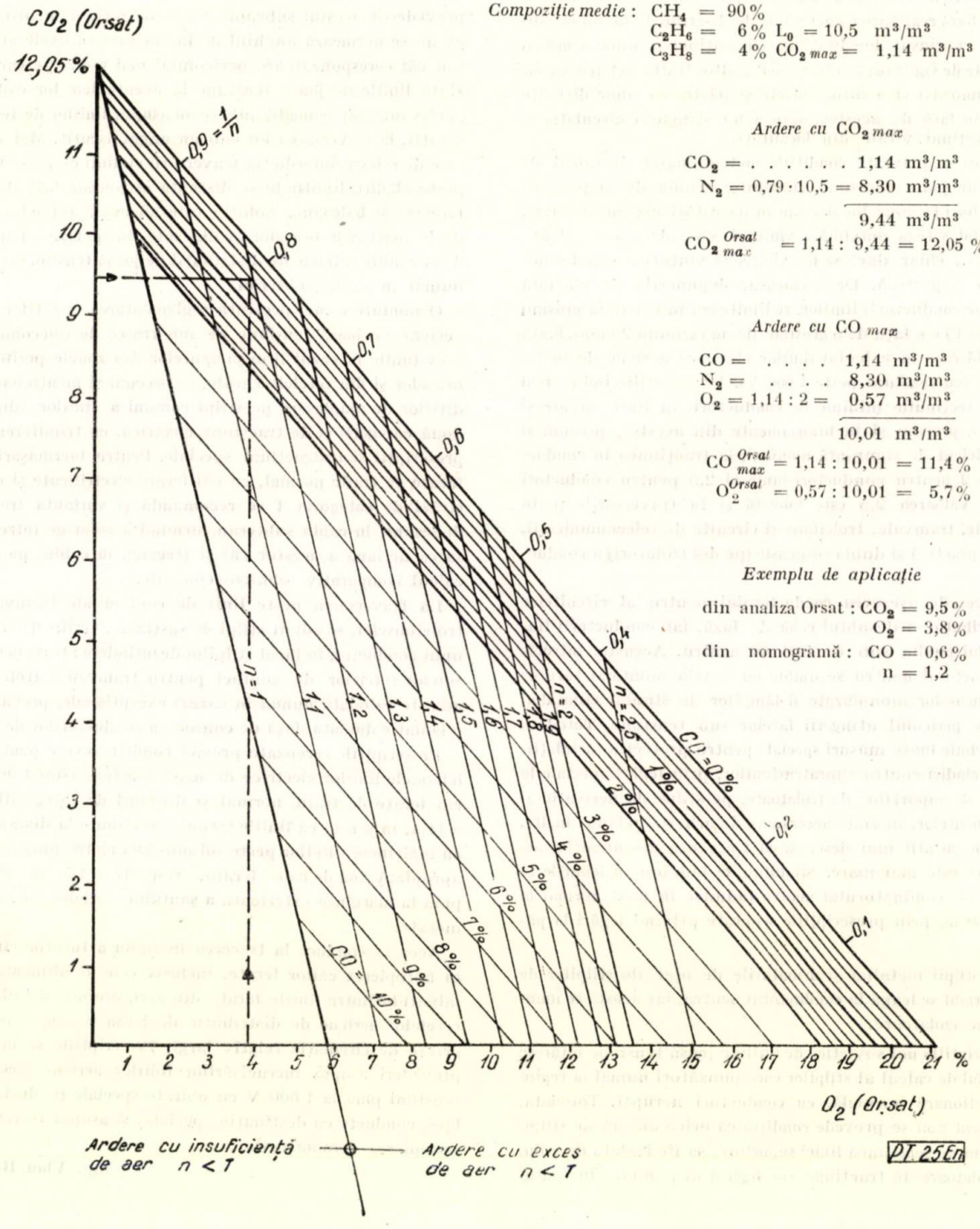
$CO_2 = \ldots\ldots\ldots\ 1{,}14\ m^3/m^3$
$N_2 = 0{,}79 \cdot 10{,}5 = 8{,}30\ m^3/m^3$
$9{,}44\ m^3/m^3$
$CO_{2\,max}^{Orsat} = 1{,}14 : 9{,}44 = 12{,}05\ \%$

Ardere cu CO_{max}

$CO = \ldots\ldots\ 1{,}14\ m^3/m^3$
$N_2 = \ldots\ldots\ 8{,}30\ m^3/m^3$
$O_2 = 1{,}14 : 2 = 0{,}57\ m^3/m^3$
$10{,}01\ m^3/m^3$
$CO_{max}^{Orsat} = 1{,}14 : 10{,}01 = 11{,}4\ \%$
$O_2^{Orsat} = 0{,}57 : 10{,}01 = 5{,}7\ \%$

Exemplu de aplicație

din analiza Orsat : $CO_2 = 9{,}5\,\%$
$O_2 = 3{,}8\,\%$
din nomogramă : $CO = 0{,}6\,\%$
$n = 1{,}2$



PT 25En

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.316.826.45

Mihăileanu C.: **Единый метод трактовки дистанционных и направленных реле**

Представлен единый метод трактовки реле, имеющих линейную или круговую характеристику в комплексной плоскости импеданса или полной проводимости. Исходя от реле, называемого „обобщенным импедансом" (полной проводимости), показывается, что все дистанционные и направленные реле можно считать производными этого реле. Анализ ведется как по управнению, соответствующему принципу сравнения баланса, так и по уравнению равнодействующего момента. Предлагается номенклатура, которая предназначена для внесения ясности и устра нения путаницы в трактовке вопросов дистанционной защиты.

Energetica, 9 (1961) nr. 1, стр. 1—14

ДК 621.311.22

Dinulescu C.: **Испытания ускоренного пуска котла Т. Г. 170—1 после ночных остановок**

Описываются испытания ускоренного пуска, произведенные летом 1960 г., на котле производительностью в 170 тонн/час на ТЭЦ фынтынеле после 6 и 30 часовых остановок. Полученные результаты подтверждают данные советской специальной литературы и позволили сократить время разогрева, предписанное инструкциями. Указывается оборудование необходимое для ускоренных пусков в текущей эксплуатации.

Energetica, 9 (1961) nr. 1, стр. 14—19

ДК 662.933:662.642

Cazacu C. и *Pănoiu N.*: **Первые испытания по сжиганию румынских углей в кипящем слое**

В статье представлен метод сжигания в кипящем слое и описываются первые испытания по сжиганию лигнита Скиту-Голешть. Результаты этих испытаний являются обещающими, по однако их нужно продолжать с целью внедрения данного метода в промышленность.

Energetica, 9 (1961) nr. 1 стр. 19—25

ДК 621.316.264

Ionescu G. и *Ioniță Gh.*: **Строительство автоматизированной выпрямительной станции**

В статье трактуется вопрос о проектировании и конструкции выпрямительной станции электрической тяги построенной недавно. Описываются главные электромеханические установки, характеристика строи-тельного периода и результаты, полученные при испытании в первые дни эксплуатации.

Energetica, 9 (1961), nr. 1, стр. 26—31

ДК 621.327.42 : 628.972 : 625.4

Dinescu D. I.: **Расчет флуоресцирующего освещения**

Даютсяуказания необходимые проєктантам и потреб осветительных установок с флуоресцирующими трубками румынского производства „Электрофар" для промышленных предприятий.

Energetica, 9 (1961), nr. 1, стр. 31—34

ХРОНИКА, стр. 34—38

РЕЦЕНЗИИ, стр. 39

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.316.825.45

Mihăileanu C.: **Ein einheitliches Darstellungsverfahren der Distanz- und Streckenschutzrelais**

Es wird Verfahren zur einheitlichen Auffassung der in der komplexen Darstellung der Impedanz oder Admitanz über lineare oder kreisförmige Charakteristik verfügenden Relais erörtert. Dabei wird von den Relais mit allgemeiner Impedanz (Admitanz) augegangen und nachgewiesen, dass sämtliche Distanz- oder Streckenschutzrelais als aus diesen entwickelt betrachtet werden könen. Die Untersuchung wurde sowohl an der Gleichung vorgenommen, die dem Gleichgewichtzustand entspricht, als auch an der Gleichung der sich ergebenden Drehmomente. Es wird eine Begriffsbestimmung vorgeschlagen, geeignet zur Klärung der Frage des Distanzschutzes beizutragen und Missverständnissen vorzubeugen.

Energetica, 9 (1961) H. 1, S... 1—14

DK 621.311.22

Dinulescu C.: **Schnellanfahrversuche mit einem Kessel Type T.G. 170-1 nach Betriebspausen während Nachtsenken**

Es werden die im Sommer 1960 im DKW Fintinele mit einem Kessel von 170 t/h nach 6—bzw. 30— stündigen Betriebspausen durchgeführten Schnellanfahrversuche beschrieben. Die erzielten Ergebnisse erreichten die in der sowietischen Fachliteratur angegebenen Kennzahlen und ermöglichten die Herabsetzung der in den Vorschriften vorgesehenen Anheizdauer. Es werden die im laufenden Betrieb für Schnellanfahrten erförderlichen Geräte angegeben.

Energetica, 9 (1961) H. 1, S... 14—19

DK 662.933 : 662.642

Cazacu C. und *Pănoiu N.*: **Die ersten mit rumäanischen Kohlen unternommenen Schweberostfeuerungsversuche**

Bericht über die ersten mit Schitu-Goleşti-Lignit unternommenen Versuche mit Schwebebettfeuerung. Um zu einer industriellen Anwendung des Verfahrens zu gelangen, müssen die ermutigenden Versuche fortgesetzt werden.

Energetica, 9 (1961) H. 1, S... 19—25

DK 621.316.264

Ionescu G . und *Ioniță G.*: **Bau einer automatischen Gleichrichteranlage**

Entwurf und Baugestaltung einer vor kurzem in Betrieb gesetzten automatischen Gleichrichteranlage für elektrische Transportbeförderung. Es werden die wichtigsten elektrischen Anlagen, der Bauverlauf sowie die während der Proben und in den ersten Betriebstagen erzielten Ergebnisse beschrieben.

Energetica, 9 (1961) H. 1, S... 26—31

DK 621.327.742 : 628.972 : 625.4

Dinulescu, D. J.: **Berechnung fluoreszierender Beleuchtung**

Es werden für Entwurf und Betrieb von Beleuchtungsanlagen mit fluoreszierenden Leuchtröhren rumänischer Erzeugung (Werk Electrofar) erforderliche Hinweise gegeben.

Energetica, 9 (1951) H. 1, S... 31—34

CHRONIK, S. 34—38

BUCHBESPRECHUNGEN, S. 39

SOMMAIRE

CD 621.316.825.45

Mihăileanu C. : **Une méthode de présentation unitaire des relais de distance et de direction**

L'auteur présente une méthode unitaire de traitement des relais à caractéristique linéaire ou circulaire dans le plan complexe de l'impédance ou de l'admittance. Il montre que l'on peut considérer que tous les relais de distance et de direction dérivent du relais „d'impédance (admittance) généralisée". On analyse aussi bien l'écuation qui correspond au principe comparatif de la balance que celle du couple résultant. On propose une nomenclature devant apporter des clarifications et de l'élimination des confusions en ce qui concerne les problèmes de protection à distance.

Energetica 9 (1961) nr. 1, p. 1—14

CD 621.311.22

Dinulescu C. : **Essais de mise rapide en fonction d'une chaudière T.G. 170—1 après l'arrêt de nuit**

On décrit les essais effectués de mettre rapidement en fonction une chaudière de 170 t/h au cours de l'été 1960 installée dans la centrale thermo-électrique Fîntînele, après des arrêts de 6 heures et 30 heures. Les résultats obtenus confirment les données fournies par la littérature soviétique de spécialité. Ils ont permis de réduire le temps de chauffage prévu par les instructions. On indique quel est l'appareillage nécessaire pour la mise rapide en fonction en exploitation courante.

Energetica 9 (1961) no. 1, p. 14—19

C. 9.662.933.662.642

C. Cazacu et *Pănoiu N.* : **Premiers essais de combustion en couche fluidisée avec du charbon roumain**

L'article présente la méthode de combustion en couche fluidisée et décrit les premiers essais de combustion avec du lignite de Schitu-Goleşti. Les résultats des essais sont prometteurs, mais ils doivent être continués afin d'arriver à une application industrielle de cette méthode.

Energetica 9 (1961) no. 1, p. 19—25

CD 621.316.246

Ionescu G. et *Ioniță Gh.* : **Construction d'une station automatique de redressement**

L'article traite de l'établissement du projet et de la construction d'une station de redressement pour traction électriques, récement exécutée. On décrit les principales installations électriques et mécaniques, le mode d'exécution et les résultats obtenus durant les essais et les premieres jours d'éxploitation.

Energetica 9 (1961) no. 1, p. 26—31

CZ 621.327.42 :628.972 : 625.4

Dinulescu D.D. : **Caleul de l'éclairage par fluorescence**

L'auteur fournit les indications nécessaires à ceux qui s'occupent du projet et à ceux qui utilisent les installations à tubes d'éclairage par fluorescence de fabrication roumaine „Electrofar", destinées aux locaux industriels.

Energetica 9 (1961) no. 1, p. 31—34

CHRONIQUE, p. 34—39

COMPTES-RENDUS, p. 39

CONTENTS

DC. 621.316.825.45

Mihăileanu C. : **A unitary method of presenting the directional and distantly controlled relays**

A unitary method is shown of discussing the relays that have a linear or circular characteristic in the complex plan of impedance or admittance. Starting from the relay called „of generalized impedance (admittance)", the author states that all the directional and distantly controlled relays can be considered as deriving from it. The analysis is made by means of the equation corresponding to the comparative principle of balance and of the resulting compte equation as well.

A nomenclature is suggested in order to clear up the problems relating to distance protection and to avoid any possible confusion.

Energetica, 9 (1961), no. 1, p. 1—14

DC 621.311.22

Dinulescu C. : **Tests on the rapid starting of a T.G. 170—1 boiler, after night stoppings.**

A description is given of tests carried out in 1960 at the Fîntînele power station, on the rapid starting of a 170 t/h boiler following 6 and 30-hour night stoppings. The results obtained confirmed the data supplied by the Soviet literature and made it possible to reduce the heat times prescribed by the directions.

Information is also given on the equipment requisite for rapid startings in the current activity.

Energetica, 9 (1961), no. 1, p. 14—19

DC 662.933 : 662.642

Cazacu C. and *Pănoiu N.* : **The first tests of fluidified layer burning with Roumanian coal**

This paper presents the burning method in fluidified layers and describes the first tests carried out with lignite from Schitu-Goleşti. White the results of such tests are promising they should be continued however in view of an industrial-scale application.

Energetica, 9 (1961), no. 1, p. 19—25

DC 621.316.264

Ionescu G. and *Ioniță Gh.* : **The building of an automatic tectifying station**

This paper discusses the designing and realization of a recently built rectifying station for electric traction. The main electromechanical equipment, some building feauture and the results achieved during the tests and first days of operation are described.

Energetica, 9 (1961), no. 1, p. 26—31

DC 621.327.42 : 628.972 : 625. 4

Dinulescu D. I. : **The caleuls of fluorescent illumination**

Some indications are given necessary to designers and operators of illumination plants using Rumanian made „Electrofar" fluorescent tubes designed for industrial buildings.

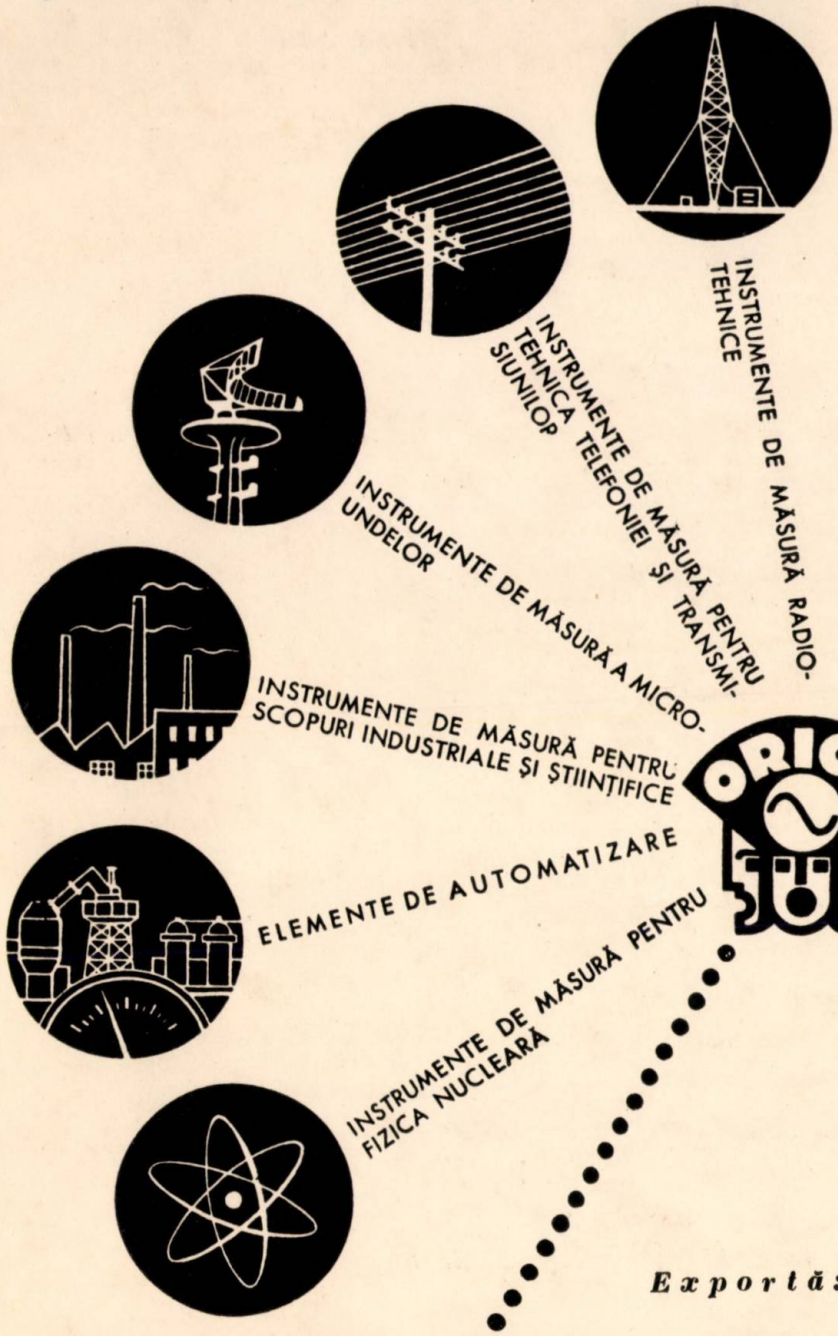
Energetica, 9 (1961), no. 1, p. 31—34

CHRONICLE, p. 34—38

REVIEWS, p. 39

MŰSZAKI
1963

INSTRUMENTE DE MĂSURĂ ELECTRONICE
pentru toate ramurile științei și industriei



Exportă:

METRIMPEX

ÎNTREPRINDERE UNGARĂ DE COMERȚ EXTERIOR PENTRU PRODUSELE INDUSTRIEI DE INSTRUMENTE

ADRESA PENTRU SCRISORI: BUDAPESTA, CĂSUȚA POȘTALĂ 202 UNGARIA

ADRESA TELEGRAFICĂ: INSTRUMENT BUDAPEST

SOCIETATEA POLONEZĂ CU RESPONSABILITATE LIMITATĂ
PENTRU COMERȚUL EXTERIOR DE ECHIPAMENT ELECTROTEHNIC

„Elektrim"

Varșovia 2, Czackiego 15/17, Polonia
Telefon 6-62-71 ■ TELEX.: 10415
Telegrame: ELEKTRIM—WARSZAWA
Cutia poștală 254

vă oferă un bogat sortiment de aparate de măsură și control pentru aplicații în domeniul tehnicii nucleare:

- Contoare electronice de impulsuri
- Dispozitive de numărare rapidă
- Dozimetre de buzunar
- Detectoare de radioactivitate de buzunar
- Dozimetre de raze X
- Aparate de măsură pentru contaminări radioactive
- Contoare de scintilație
- Cronometre electronice
- Integratoare
- Detectoare de scintilație
- Surse de alimentare stabilizate de înaltă tensiune
- Electrometre
- Detectoare cu camere de ionizare
- Selectoare de amplitudine a impulsurilor
- Amplificatoare de impulsuri
  și alte aparate de măsură și control

O documentație tehnică detaliată și oferte comerciale vă vor fi trimise la simpla cerere adresată societății noastre.

I. P. 2, c. 4349

LEI 5

E 2039

KAT

R

REFERALVA

ENERGETICA

2

Energetica — Vol. 9 — februarie 1961 nr. 2/1961 — p. 41-80 — București

SOCIETATEA POLONEZĂ CU RESPONSABILITATE LIMITATĂ
PENTRU COMERȚUL EXTERIOR DE ECHIPAMENT ELECTROTEHNIC

„Elektrim"

Varșovia 2, Czackiego 15/17, Polonia
Telefon 6-62-71 ■ TELEX.: 10415
Telegrame: ELEKTRIM—WARSZAWA
Cutia poștală 254

vă oferă un bogat sortiment de aparate de măsură și control pentru aplicații în domeniul tehnicii nucleare:

- Contoare electronice de impulsuri
- Dispozitive de numărare rapidă
- Dozimetre de buzunar
- Detectoare de radioactivitate de buzunar
- Dozimetre de raze X
- Aparate de măsură pentru contaminări radioactive
- Contoare de scintilație
- Cronometre electronice
- Integratoare
- Detectoare de scintilație
- Surse de alimentare stabilizate de înaltă tensiune
- Electrometre
- Detectoare cu camere de ionizare
- Selectoare de amplitudine a impulsurilor
- Amplificatoare de impulsuri
  și alte aparate de măsură și control

O documentație tehnică detaliată și oferte comerciale vă vor fi trimise la simpla cerere adresată societății noastre.

SOCIETATEA POLONEZĂ CU RESPONSABILITATE LIMITATĂ
PENTRU COMERȚUL EXTERIOR DE ECHIPAMENT ELECTROTEHNIC

„Elektrim"

Varșovia 2, Czackiego 15/17, Polonia
Telefon 6-62-71 ■ TELEX.: 10415
Telegrame: ELEKTRIM—WARSZAWA
Cutia poștală 254

vă oferă un bogat sortiment de aparate de măsură și control pentru aplicații în domeniul tehnicii nucleare:

- Contoare electronice de impulsuri
- Dispozitive de numărare rapidă
- Dozimetre de buzunar
- Detectoare de radioactivitate de buzunar
- Dozimetre de raze X
- Aparate de măsură pentru contaminări radioactive
- Contoare de scintilație
- Cronometre electronice
- Integratoare
- Detectoare de scintilație
- Surse de alimentare stabilizate de înaltă tensiune
- Electrometre
- Detectoare cu camere de ionizare
- Selectoare de amplitudine a impulsurilor
- Amplificatoare de impulsuri
  și alte aparate de măsură și control

O documentație tehnică detaliată și oferte comerciale vă vor fi trimise la simpla cerere adresată societății noastre.

MŰSZAKI KÖNYVTÁR

ENERGETICA

ANUL 9 Nr. 2 FEBRUARIE 1961

CUPRINS

CZ 621.311.13

N. Gheorghiu : **Un nou sistem de distribuţie de înaltă tensiune pentru electrificări rurale, folosind tensiunea intermediară de 1 kV.**

În articol se descrie un nou sistem de distribuţie folosit pentru electrificarea rurală propus şi introdus de autor pentru prima oară în ţara noastră la electrificarea comunei Hălchiu din regiunea Braşov şi extins în prezent pentru folosirea pe scară largă.

Energetica 9 (1961) nr. 2. p. 41–47

CZ 621.311.22 :004.1

C. Dinulescu : **Încercări de pornire rapidă a agregatelor energetice din centralele electrice**

Articolul completează cu ultimele rezultate experienţa romînească cîştigată în domeniul pornirii rapide a cazanelor şi turbinelor mari din centralele termoelectrice. În două articole anterioare (nr. 7/1960 şi nr. 1/1961) au fost publicate primele rezultate care prin încercările descrise în prezentul articol sînt încă îmbunătăţite.

Energetica 9 (1961) nr. 2 p. 47–51

CZ 621–3.072.7/8.001.24

V. Ionescu : **Aspecte noi în reglarea automată a frecvenţei şi a puterii active în sistemele energetice.**

Autorul prezintă sistemul de reglare a frecvenţei şi puterii active numit „fază-putere" examinînd atît aspectele analitice cît şi constructive ale sale. Se arată posibilitatea efectuării unor calcule de regimuri dinamice şi se trag unele concluzii asupra interesului pe care îl prezintă luarea în considerare a unui astfel de sistem de reglare pentru ţara noastră

Energetica 9 (1961) nr. 2, p. 52–58

CZ 621.3.016.31.001.57

A. Semlyen : **Determinarea pe model a repartizării optime a sarcinii între centrale, ţinînd seama de pierderile în reţea.**

Se prezintă problema repartiţiei optime economice a puterii între centralele unui sistem utilizîndu-se un calculator analogic foarte simplu, propus de autor.

Energetica 9 (1961) nr. 2, p. 58–67

CZ 534.63 : 621.165.001.24

D. Brebenel : **Folosirea fenomenului de rezonanţă la măsurarea vibraţiilor paletelor turbinelor cu abur sau gaze.**

Articolul analizează aspectul fizico-matematic al fenomenului de rezonanţă folosit în metoda de măsurare a vibraţiilor paletelor turbinelor descrisă în două lucrări anterioare (Energetica nr. 3/1960).

Energetica 9 (1961) nr. 2, p. 68–73

CZ 621.316.92/93.004.2

D. Marc : **Cu privire la revizuirea prescripţiilor şi instrucţiunilor de protecţie împotriva supratensiunilor a instalaţiilor electrice cu tensiunea peste 1 000 V.**

Autorul face o serie de propuneri şi îşi expune punctul de vedere cu privire la modul în care trebuie reactualizate prescripţiile de protecţie împotriva supratensiunilor.

Energetica 9 (1961) nr. 2, p. 73–76

DIN EXPLOATARE

CZ 621.181.004.15

A. St. Paal : **Îmbunătăţirea randamentului la cazanele de tip vechi ale I.R.E. — Oradea.**

Energetica 9 (1961) nr. 2, p. 77–78

CZ 621.165.004.15

V. Căpăţînă : **Mărirea economicităţii instalaţiilor de turbine VK–50–1.**

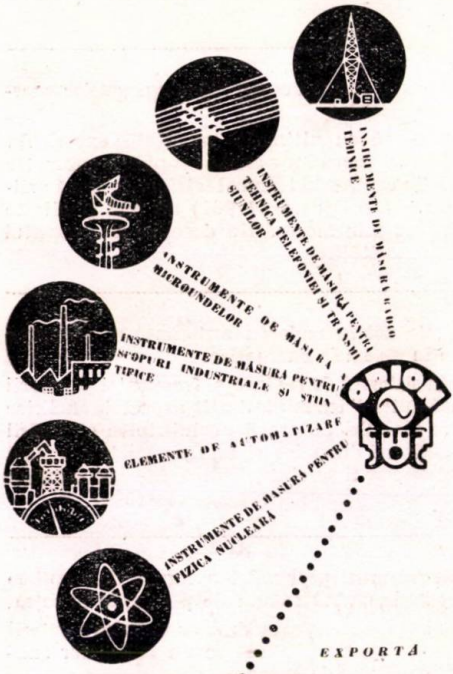
Energetica 9 (1961) nr. 2, p. 78–79

CRONICĂ, p. 80

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. ing. **I. D. STĂNCESCU**, redactor responsabil, conf. ing. **C. MIHĂILEANU**, redactor responsabil adjunct, conf. ing. **I. A. BADEA**, prof. ing. **M. BERCOVICI**, membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, ing. **M. COGALNICEANU**, conf. ing. **E. CONSTANTINESCU**, ing. **P. DIMO**, laureat al Premiului de Stat, prof. ing. **C. DINCULESCU**, membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. **I. V. HERESCU**, conf. ing. **N. MOLDOVEANU**, prof. ing. **C. PENESCU**, ing. **T. POPA**, ing. **S. SĂNDULESCU** și ing. **P. VICOL**

INSTRUMENTE DE MĂSURĂ ELECTRONICE
pentru toate ramurile științei și industriei



ÎNTREPRINDERE UNGARĂ DE COMERȚ EXTERIOR PENTRU PRODUSELE INDUSTRIEI DE INSTRUMENTE

Adresa pentru scrisori: BUDAPESTA, CĂSUȚA POȘTALĂ 202 UNGARIA
Adresa telegrafică: INSTRUMENT BUDAPEST

Revista „**ENERGETICA**", organ al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. și al Ministerului Industriei Minelor și Energiei Electrice. Redacția și administrația: București, Str. Ion Ghica Nr. 3 Raion Tudor Vladimirescu, Telefon 14.15.95—14.06.24. Revista este editată de A.S.I.T. — Abonamentele se primesc la administrația revistei, la sediul filialei A.S.I.T. din întreaga țară și prin responsabilii cu presa din cercurile A.S.I.T. — Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinete tehnice în contul nostru de virament: Publicațiile Tehnice A.S.I.T. 070124 B.R.P.R. Filiala I. V. Stalin — București — Tarif pentru întreprinderi: lei 100 anual. Tarif pentru muncitori, tehnicieni și ingineri: lei 30 anual — Prețul unui exemplar: lei 5 — Tiparul: Întreprinderea Poligrafică Nr. 2, București, c. 557

ENERGETICA

ANUL 9
1961
Nr. 2
FEBRUARIE

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.
ȘI AL MINISTERULUI MINELOR ȘI ENERGIEI ELECTRICE

Un nou sistem de distribuție de înaltă tensiune pentru electrificări rurale, folosind tensiunea intermediară de 1 kV

Conf. ing. *NICOLAE GHEORGHIU*

1. Introducere

Pentru electrificările rurale, realizarea de rețele electrice de distribuție de înaltă și joasă tensiune cît mai economice este de cea mai mare importanță, ținînd seama de densitatea mică pe suprafață a consumului de energie electrică la sate și de numărul relativ redus de ore de utilizare a puterii maxime absorbite de consumatorii rurali. În țara noastră Congresul al III-lea al PMR a pus în fața energeticienilor romîni sarcina de a termina electrificarea satelor pînă în anul 1975. Realizarea acestei opere măreț necesită adoptarea unor soluții constructive pentru rețelele electrice rurale, cît mai simple și mai economice, cu consumuri de metale conductoare, de lemn, beton și oțel cît mai mici și care să permită în același timp executarea în termene cît mai scurte a acestor rețele.

Pentru electrificarea satelor în majoritatea cazurilor se execută rețele de distribuție trifazate 380/220 V alimentate prin posturi de transformare coborîtoare racordate la rețeaua raională de înaltă tensiune de 6 sau 15 kV. În cazul comunelor situate la distanțe relativ mari de linii raionale de 6 sau 15 kV sau în afara zonei de extindere a acestor linii, se construiesc microcentrale locale cu generatoare producînd energie la tensiunea de 0,4 kV. Aceste microcentrale pot debita energie fie direct în rețeaua de distribuție de joasă tensiune a comunei, fie prin intermediul unui post de transformare ridicător, pe o rețea de 6 sau 15 kV, care alimentează mai multe sate prin posturi de transformare coborîtoare, în cazul cînd puterea microcentralei este suficientă pentru acoperirea consumului de energie din aceste sate.

Rezultatele studiilor din țara noastră, confirmate și de documentația tehnică din alte țări, au arătat că pentru sate relativ mari și întinse, și pentru densitățile reduse de consum care se întîlnesc la sate, adoptarea soluției cu un singur post de transformare în fiecare sat conduce la o rețea de joasă tensiune dezvoltată și costisitoare. Soluția mai economică în acest caz este micșorarea puterii instalate a posturilor de transformare și mărirea deci a numărului lor. Aceste considerații sînt valabile și pentru electrificarea unui grup de sate mai mici, situate la distanțe mici unul de altul. În această situație este în general mai economică soluția cu mai multe posturi de transformare, care permite executarea unei rețele mult mai simple de joasă tensiune și reducerea costului lucrării în ansamblu, față de soluția cu un singur post de transformare așezat între sate.

În unele cazuri, cu toate că soluția cu mai multe posturi de transformare de putere mai mică ieftinește costul rețelei de joasă tensiune și reduce pe ansamblul lucrării consumul de materiale neferoase, costul total al lucrării se menține ridicat datorită lungimilor relativ mari ale liniilor de 6 sau 15 kV și a costurilor posturilor de transformare de 6 /0,4 kV sau 15/0,4 kV.

Pe linia reducerii cheltuielilor de investiție la lucrările de electrificare rurală, pentru a se putea electrifica cu aceleași fonduri un număr cît mai mare de sate, autorul articolului de față a preconizat introducerea unei tensiuni intermediare de 1 kV pentru distribuția energiei electrice la sate. În sistemul nou de distribuție se execută un post de transformare coborîtor de 15/1 kV de la care se alimentează o rețea de 1 kV, la care se racordează posturi de transformare coborîtoare 1/0,4 kV. O astfel de soluție folosind tensiunile de 15 și 1 kV s-a aplicat la electrificarea comunei Hălchiu din regiunea Brașov, ceea ce a permis obținerea de apreciabile economii la cheltuielile de investiție față de soluția folosind numai tensiunea de 15 kV. Lucrările în noua soluție s-au executat în 1958 și s-au pus în funcțiune la începutul anului 1959. Primele rezultate de exploatare ale rețelei electrice de înaltă și joasă tensiune din comună

realizate după noul sistem de distribuţie sînt favorabile.

În cursul anului 1960 s-au studiat, de către colectivul de electrificări rurale din cadrul Direcţiei Generale a Energiei Electrice din Ministerul Industriei Grele (DGEE—MIG), elementele constructive pentru realizarea acestui nou sistem de distribuţie, utilizînd în cea mai mare parte stîlpii şi echipamentul uniformizaţi folosiţi începînd din anul 1960 şi s-a exemplificat prin calcule tehnico-economice aplicarea acestui sistem la două cazuri concrete. Studii ulterioare urmează să precizeze domeniul de utilizare al noului sistem de distribuţie, din care să rezulte şi alte cazuri de aplicare economică a acestui sistem.

2. Descrierea reţelelor pentru electrificarea comunei Hălchiu

Comuna Hălchiu este alimentată cu energie electrică din anul 1904, fiind una din primele localităţi rurale electrificate din ţara noastră. Sursele de energie electrică erau pînă în anul 1958 o mică centrală hidroelectrică şi o centrală Diesel electrică. Cererile suplimentare de putere şi uzura accentuată a maşinilor din centrale au impus necesitatea alimentării comunei din reţeaua apropiată de 15 kV.

Proiectul iniţial pentru acest scop prevedea realizarea unei linii de 15 kV în lungime de 4,8 km pe stîlpi de beton armat vibrat, echipată cu conductoare de 35 mm² Ol—Al, racordată la o reţea de 15 kV existentă şi instalarea a 3 posturi de transformare 15/0,4 kV în cabine de zid. Densitatea mare a gospodăriilor săteşti, caracterul compact al clădirilor de locuit şi existenţa de plantaţii de arbori de-a lungul străzilor au împiedicat alegerea unui traseu al liniei de 15 kV în cuprinsul satului. Singura posibilitate de a ajunge la posturile de transformare

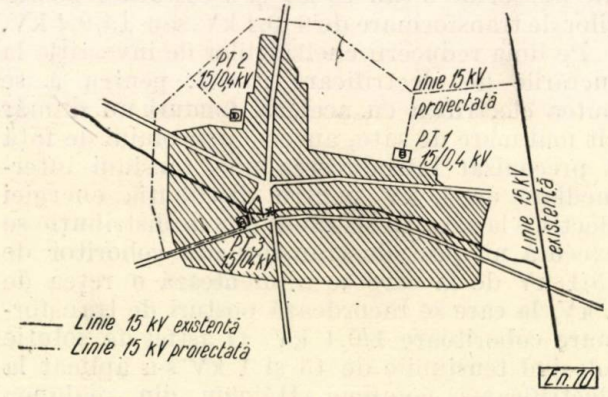


Fig. 1. Reţeaua de 15 kV şi amplasarea posturilor de transformare 15/0,4 kV pentru electrificarea comunei Hălchiu în soluţia iniţială.

amplasate în mijlocul zonelor de consum a fost de a înconjura cu traseul liniei de 15 kV localitatea pe mai mult de jumătate din perimetrul ei (fig. 1).

Posturile în număr de trei erau proiectate cu următoarele puteri instalate

Postul nr. 1. . . . . .100 kVA
Postul nr. 2. . . . . .100 kVA
Postul nr. 3. . . . . .240 kVA

Puterea maximă la vîrful de sarcină a fost apreciată pentru întreaga comună la 390 kVA, sub

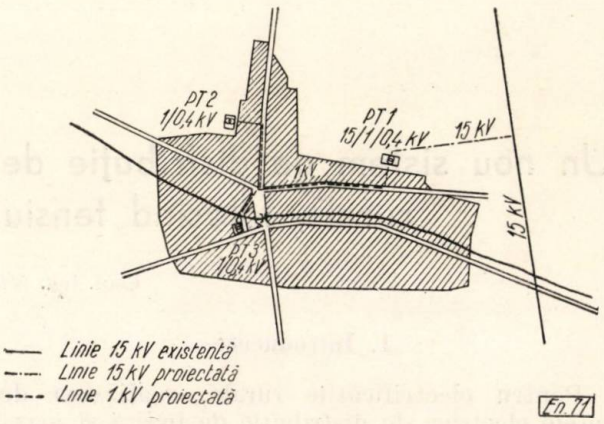


Fig. 2. Reţelele de 15 şi 1 kV şi amplasarea posturilor de transformare 15/1 kV şi 1/0,4 kV pentru electrificarea comunei Hălchiu în noua soluţie.

un factor de putere de 0,9. Datorită lungimii mari a liniilor de 15 kV, a costurilor posturilor de transformare, în devizul proiectului iniţial investiţiile au atins o cifră relativ exagerată.

În această situaţie s-a propus şi realizat o nouă soluţie, constînd din executarea unei linii de 15 kV de numai 475 m lungime în loc de 4800 m, pînă la amplasamentul postului de transformare nr. 1, echiparea postului nr. 1 cu două transformatoare, unul de 15/1 kV cu o putere de 420 kVA şi celălalt de 1/0, 4 kV, cu o putere de 100 kVA, executarea unei linii de 1 kV între posturile nr. 1, 2 şi 3 şi echiparea posturilor de transformare nr. 2 şi 3, unul cu un transformator 1/0,4 kV de 100 kVA şi celălalt cu un transformator 1/0,4 kV de 240 kVA (fig. 2).

Adoptarea tensiunii intermediare de 1 kV s-a făcut pentru a se utiliza la echiparea liniei respective aceleaşi izolatoare, suporţi şi elemente geometrice ca la liniile de joasă tensiune. Într-adevăr prescripţiile pentru construcţia liniilor aeriene de energie electrică prevăd condiţii tehnice separate pentru linii pînă la 1 kV şi peste 1 kV, în ceea ce priveşte distanţele între conductoare, distanţele conductoarelor faţă de pămînt, ipotezele de calcul mecanic, coeficienţii de siguranţă ai conductoarelor şi stîlpilor. Pe de altă parte izolatoarele de joasă tensiune sînt dimensionate pentru tensiunea de 1 kV. Adoptarea unei tensiuni intermediare diferite de 1 kV, de exemplu 2 sau 3 kV, conduce la necesitatea de a se utiliza izolatoare de 2 sau 3 kV şi suporţi de izolatoare, console şi stîlpi dimensionaţi pentru tensiunile nominale res-

pective, deci liniile de tensiune intermediară sînt mai scumpe, ceea ce micșorează avantajele sistemului.

Posturile de transformare de 15/1 și 1/0,4 kV s-au montat în cabinele de zid, construite conform proiectului inițial. Schemele rețelei de 1 kV

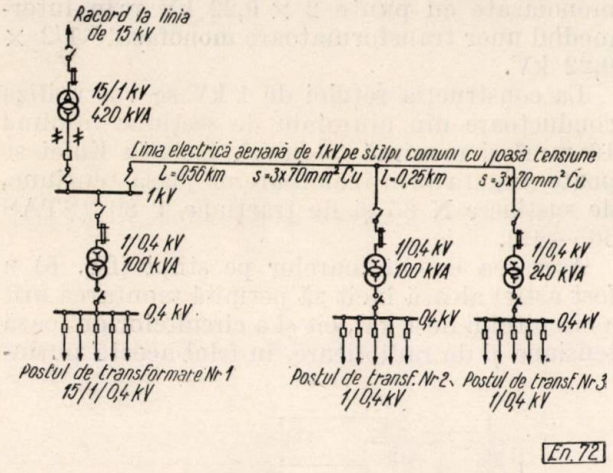


Fig. 3. Schemele rețelei de 1 kV și ale posturilor de transf. 15/1 kV și 1/0,4 kV din comuna Hălchiu.

și ale posturilor de transformare 15/1 kV și 1/0,4 kV sînt reprezentate în fig. 3. Pentru realizarea postului de transformare nr. 1 15/1 kV și 1/0,4 kV s-a construit un adaos la cabina existentă. În cabina existentă s-au amplasat intrarea aeriană de 15 kV, separatorul și siguranțele tripolare de 15 kV și transformatorul de 15/1 kV de 420 kVA. În încăperea adăugată cabinei existente s-au montat barele de 1 kV, transformatorul de 1/0,4 kV, legat prin separator la aceste bare, o celulă cu întrerupător și separator pentru ieșirea de 1 kV de la transformatorul de 15/1 kV și o celulă cu separator pentru plecarea de 1 kV în comună. În lipsa unor aparate corespunzătoare de 1 kV s-au folosit la executarea acestui post întrerupător și separatoare de 6 kV. În aceeași încăpere cu transformatorul de 1/0,4 și cu barele de 1 kV s-a fixat pe perete tabloul de distribuție care alimentează rețeaua de distribuție de joasă tensiune aferentă postului nr. 1 (fig. 4).

Linia electrică aeriană de 1 kV, în lungime de 1190 m, leagă posturile de transformare nr. 1, 2 și 3 și este echipată cu conductoare de cupru 3 × 70 mm² disponibile în urma trecerii la curent alternativ și a reamenajării rețelei existente de distribuție. Linia de 1 kV a fost montată pe stîlpii din beton armat cu secțiune pătrată ai rețelei existente de joasă tensiune, deasupra conductoarelor acestei din urmă rețele. Pentru a se asigura distanța pe verticală de 1,5 m între circuitul de 1 kV și circuitul de joasă tensiune, precum și distanța minimă de 6 m a conductoarelor rețelei de joasă tensiune față de pămînt, s-a mărit înălțimea stîlpilor de beton armat existenți, prin adăugarea unei console metalice orizontale, fixate prin două bare verticale de fiecare stîlp (fig. 5). Din punct de vedere al securității muncii, linia de 1 kV trebue considerată ca linie de înaltă tensiune. Într-adevăr normele romînești de tehnica securității la instalațiile electrice arată la art. 2 că din categoria instalațiilor de joasă tensiune fac parte instalațiile de curenți tari la care tensiunea între oricare fază și pămînt nu depășește 250 V. Datorită acestui fapt s-au prevăzut la linia de 1 kV, legături de siguranță ale conductoarelor pe izolatoare, ținînd seama că traseul liniei trece prin zonă locuită.

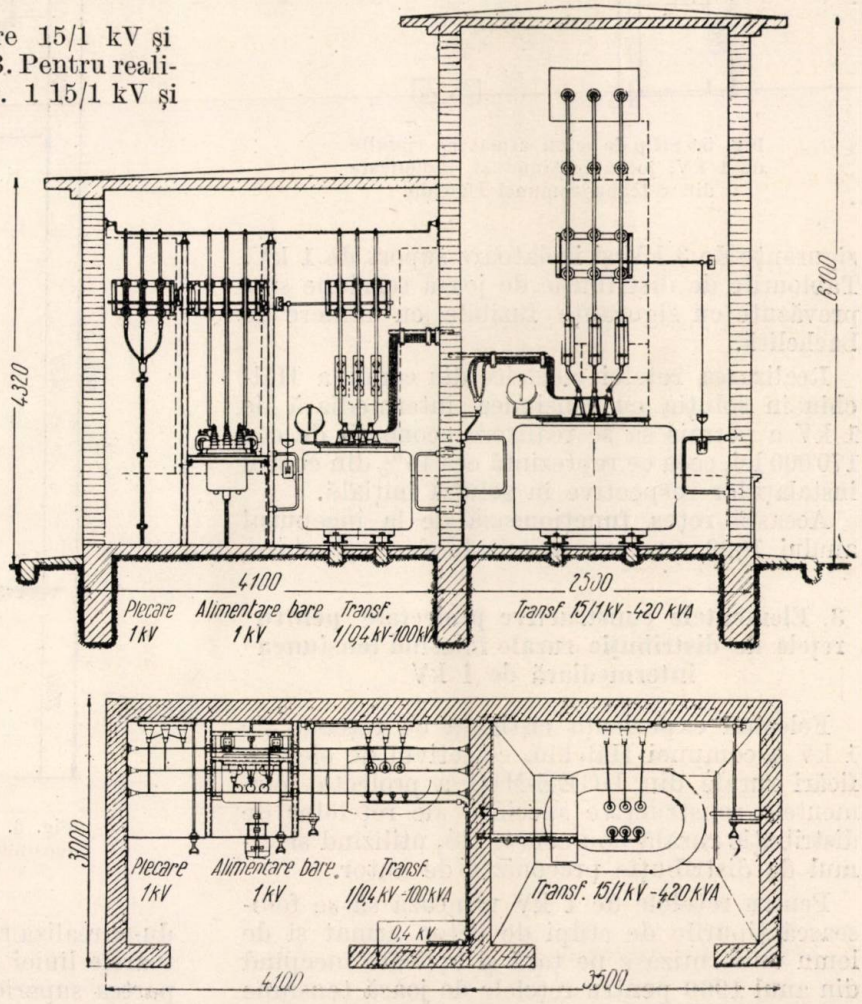


Fig. 4. Construcția postului de transformare 15/1 kV și 1/0,4 kV.

Posturile de transformare nr. 2 și 3 de 1/0,4 kV, unul echipat cu un transformator de 100 kVA și celălalt cu un transformator de 240 kVA au fost instalate în cabinele de zid construite conform proiectului inițial. Pentru echiparea acestor posturi s-au folosit separatoare de 6 kV,

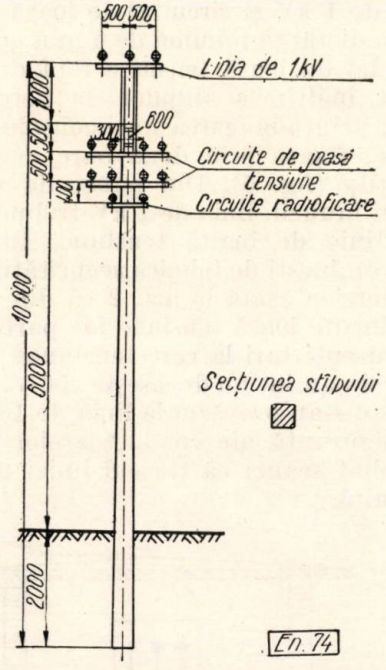


Fig. 5. Stîlp de beton armat cu circuite de 1 kV, joasă tensiune și radioficare din rețeaua comunei Hălchiu.

siguranțe de 3 kV și izolatoare suport de 1 kV. Tablourile de distribuție de joasă tensiune sînt prevăzute cu siguranțe fuzibile cu mînere de bachelită.

Realizarea rețelei electrice din comuna Hălchiu în soluția cu tensiunea intermediară de 1 kV a permis să se realizeze economii de cca 170 000 lei, ceea ce reprezintă cca 40% din costul instalațiilor respective în soluția inițială.

Această rețea funcționează de la începutul anului 1959 cu bune rezultate de exploatare.

3. Elementele constructive proiectate pentru rețele de distribuție rurale folosind tensiunea intermediară de 1 kV

Folosind experiența cîștigată cu rețeaua de 1 kV a comunei Hălchiu, colectivul de electrificări rurale din DGEE-MIG a proiectat elementele constructive specifice ale rețelelor de distribuție rurală nou construite, utilizînd sistemul de distribuție preconizat de autor.

Pentru rețelele de 1 kV urmează să se folosească tipurile de stîlpi de beton armat și de lemn uniformizate pe țară și aplicate începînd din anul 1960 pentru rețelele de joasă tensiune rurale. Stîlpii de lemn au o lungime totală de 10 m și sînt îngropați 1,8 m în pămînt. Stîlpii de beton armat vibrat sau centrifugat au o lungime totală de 10 m, fiind plantați 2 m în sol.

S-a prevăzut posibilitatea de a se realiza linii de 1 kV trifazate și linii de 1 kV monofazate. În al doilea caz aceste linii se leagă la transformatoare trifazate de 15/1 kV și alimentează rețele monofazate cu punte 2 × 0,22 kV prin intermediul unor transformatoare monofazate 1/2 × 0,22 kV.

La construcția rețelei de 1 kV se vor utiliza conductoare din aluminiu de secțiune minimă 16 mm² și maximă 35 mm². Izolația liniei se poate asigura prin izolatoare de joasă tensiune, de susținere N 85 și de tracțiune T 80 (STAS 665—49).

Așezarea conductoarelor pe stîlpi (fig. 6) a fost astfel aleasă încît să permită montarea atît a circuitului de 1 kV, cît și a circuitelor de joasă tensiune și de radioficare, în felul acesta putîn-

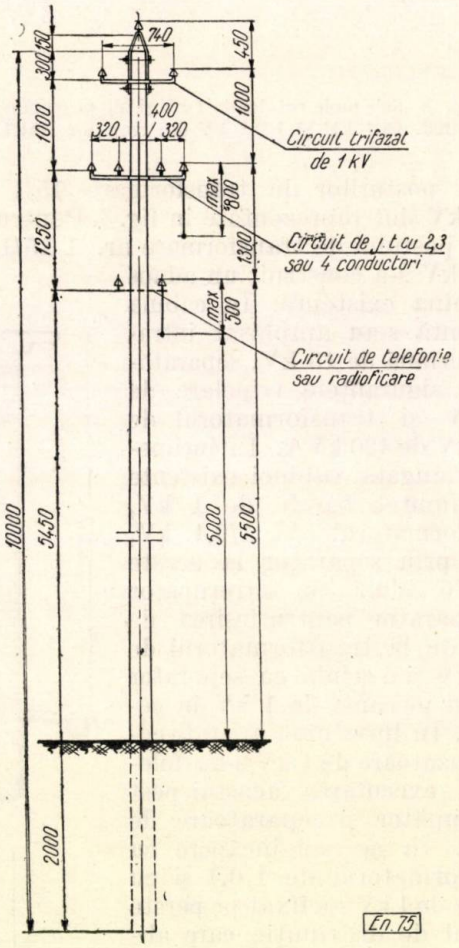


Fig. 6. Așezarea circuitelor de 1kV, joasă tensiune și radioficare pe stîlpii de beton armat proiectați.

du-se realiza rețele mult mai economice. Conductoarele liniei de 1 kV trebue să fie montate la partea superioară a stîlpului, după un triunghi isoscel cu vîrful în sus (pentru circuite trifazate)

sau în plan orizontal (pentru circuite monofazate). La 1 m sub conductoarele liniei de 1 kV se montează circuitele de joasă tensiune cu 2, 3 sau 4 conductoare așezate în plan orizontal. Sub conductoarele circuitelor de joasă tensiune la 1,25 m distanță se pot monta circuitele de radioficare.

Domeniul de utilizare a stîlpilor de beton armat și lemn în cazul aplicării lor la linii de 1 kV, cu sau fără circuite de joasă tensiune și radioficare, este dat în tabela 1 pentru regiunile I și II meteorologice (conform prescripțiilor oficiale pentru construcția liniilor aeriene de energie electrică pînă la 1 kV și peste 1 kV) și pentru diferite secțiuni de conductoare. Cînd se execută o rețea de 1 kV, la care nu se întrevede în viitor montarea circuitului de joasă tensiune pe aceiași stîlpi se va merge la o deschidere maximă de 50 m, limitată de distanța dintre conductoare.

Din considerente de securitate a muncii, stîlpii de beton armat ai liniilor de 1 kV trecînd prin zone locuite se leagă obligator la pămînt prin prize de pămînt avînd rezistențe mai mici de 10 ohmi, indiferent dacă pe aceiași stîlpi este montată sau nu rețea de joasă tensiune. În zonele locuite conductoarele liniilor de 1 kV se fixează prin legături de siguranță simple executate pe un singur izolator de fiecare conductor.

Posturile de transformare 15/1 kV și 1/0,4 kV proiectate pentru noul sistem de distribuție se montează pe stîlpi de beton armat sau de lemn, avînd dispoziția constructivă obișnuită în electrificările rurale. S-au prevăzut puteri de 25, 50 și 100 kVA pentru transformatoare trifazate 15/1 kV, puteri de 25 și 50 kVA pentru transformatoare trifazate de 1/0,4 kV și puteri

Tabela 1

Distanțele între stîlpi la liniile electrice aeriene de 1 kV (metri)

Tipul liniei de 1 kV	Secțiunea conductoarelor liniei de 1 kV [mm² Al]	Regiunea meteorologică	Cu circuite de joasă tensiune avînd conductoare de secțiune minimă			Fără circuite de joasă tensiune
			16 mm² Al	25 mm² Al	35 mm² Al	
Trifazată	3 × 16	I	32	—	—	48
		II	40	—	—	50
	3 × 25	I	32	36	—	50
		II	40	40	—	50
	3 × 35	I	32	36	40	50
		II	40	40	40	50
Monofazată	2 (16–25)	I	36,8	40	40	50
		II	40	40	40	50

de 5 și 20 kVA pentru transformatoare monofazate. Pentru executarea acestor posturi de transformare, industria electrotehnică trebue să introducă în fabricație transformatoarele respective, întrerupătoare automate de 1 kV și siguranțe fuzibile de 1 kV de exterior. Pentru exemplificare se arată în fig. 7 un post de transformare proiectat.

4. Avantajele și dezavantajele noului sistem de distribuție și domeniul de utilizare

Noul sistem de distribuție folosind tensiune intermediară de 1 kV permite să se realizeze în anumite situații economii la cheltuielile de investiții. Avantajele utilizării acestui sistem sînt următoarele: scurtarea liniei de 15 sau 6 kV, posturi de transformare de 1/0,4 kV în comună mai simple și mai ieftine decît posturile 15/0,4kV

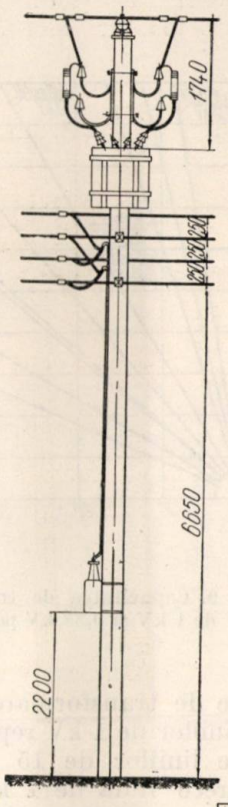


Fig. 7. Post de transformare monofazat 1/0,22 kV, 5...20 kVA pe stîlpi de beton sau de lemn.

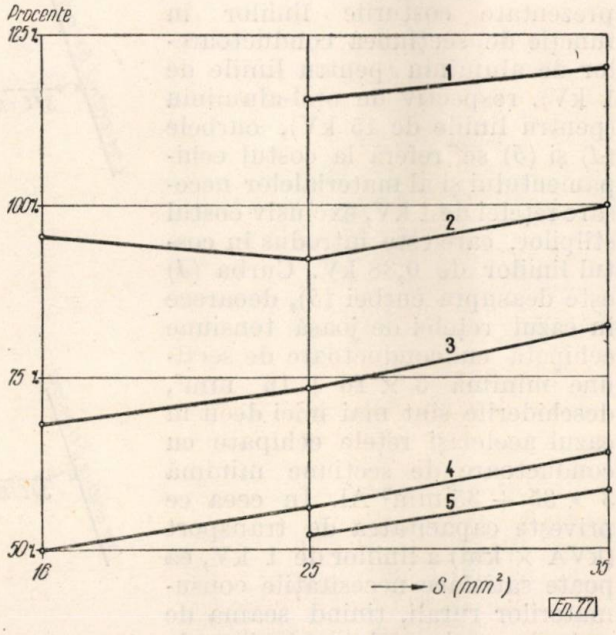


Fig. 8. Costurile pe km ale liniilor de 15 kV și 1 kV în funcție de secțiunea conductoarelor de Al sau Ol-Al.

1 — linie trifazată de 15 kV cu conductoare de Ol — Al; *2* — linie de 0,38 kV cu 4 conductoare de Al, pe console orizontale, care permite montarea și a unei rețele de 1 kV; *3* — linie de 1 kV cu 3 conductoare de Al, care nu permite montarea și a unei rețele de 0,38 kV; *4* — linie de 1 kV cu 3 conductoare de Al, care permite montarea unei rețelei de 0,38 kV; cu conductoare de minim 3 × 16 + 16 mm²Al; *5* — linie de 1 kV cu 3 conductoare de Al, care permite montarea unei rețele de 0,38 kV cu conductoare de minim 3 × 35 + 35 mm²Al.

sau 6/0,4 kV, rețea de 1 kV mai scurtă și mai ieftină decît rețeaua de 15 kV din soluția obișnuită, deoarece se înscrie pe străzile satului, străbătînd distanța cea mai scurtă dintre posturile de transformare. Costurile pe kilometru ale liniilor de 1 kV reprezintă 45—50% din costurile liniilor de 15 kV de aceeași secțiune, deoarece linia de 1 kV se montează pe stîlpii rețelei de distribuție. În fig. 8, în care sînt reprezentate costurile liniilor în funcție de secțiunea conductoarelor de aluminiu (pentru liniile de 1 kV), respectiv de oțel-aluminiu (pentru liniile de 15 kV), curbele (*4*) și (*5*) se referă la costul echipamentului și al materialelor necesare rețelei de 1 kV, exclusiv costul stîlpilor, care este introdus în costul liniilor de 0,38 kV. Curba (*4*) este deasupra curbei (*5*), deoarece în cazul rețelei de joasă tensiune echipată cu conductoare de secțiune minimă $3 \times 16 + 16$ mm², deschiderile sînt mai mici decît în cazul aceleiași rețele echipate cu conductoare de secțiune minimă $3 \times 35 + 35$ mm² Al. În ceea ce privește capacitatea de transport (kVA × km) a liniilor de 1 kV, ea poate satisface necesitățile consumatorilor rurali, ținînd seama de puterile optime ale posturilor de transformare și de distanțele care apar la electrificări rurale, așa cum rezultă din diagrama fig. 9.

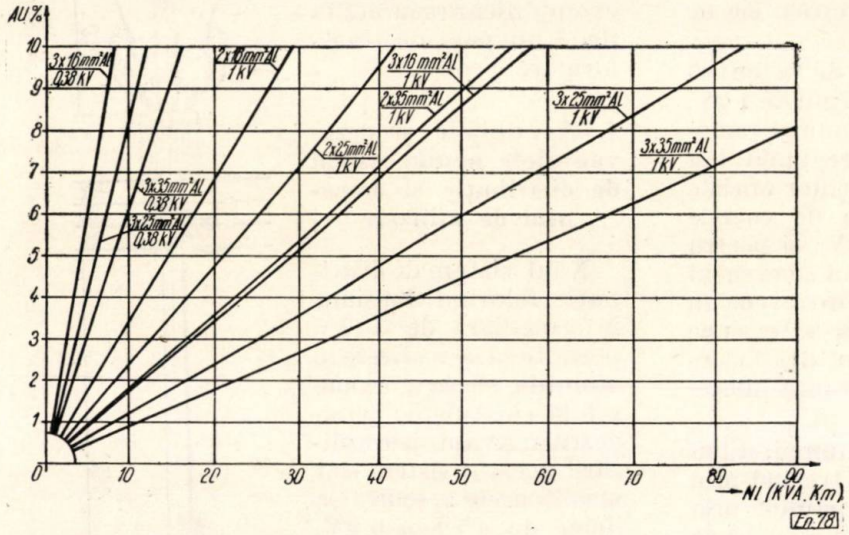


Fig. 9. Capacitatea de transport (kVA × km) a liniilor trifazate și monofazate de 1 kV și 0,38 kV pentru diferite căderi de tensiune și pentru un factor de putere 0,8.

Noul sistem de distribuție prezintă și o serie de dezavantaje. În această soluție este necesară construirea unui post de transformare de 15/1 kV, în afară de posturile de transformare propriu-zise, care alimentează rețeaua de joasă tensiune 0,38 kV. Pentru echiparea posturilor de transformare sînt necesare aparate de 1 kV, pe lîngă aparatele de 15 kV și 0,38 kV.

Soluția cu tensiune intermediară este economică, atunci cînd economia realizată prin înlocuirea rețelei de 6 sau 15 kV dintre posturile de transformare cu rețea de 1 kV și prin înlocuirea posturilor de transformare 6/0,4 kV sau 15/0,4 kV cu posturi 1/0,4 kV este mai mare decît costul unui post de transformare 6/1 kV sau 15/1 kV. Economia la cheltuieli de investiții nu se poate antecalcula, depinzînd de situația locală și trebue analizată în fiecare caz în parte înainte de adoptarea soluției. Recalculîndu-se de exemplu costul rețelelor electrice (pînă la bornele de 0,4 kV ale posturilor de transformare) din comuna Hălchiu ținînd seama de elementele constructive proiectate în 1960 și de noile prețuri, se obține în soluția cu tensiune intermediară o economie de peste 30% la cheltuieli de investiție.

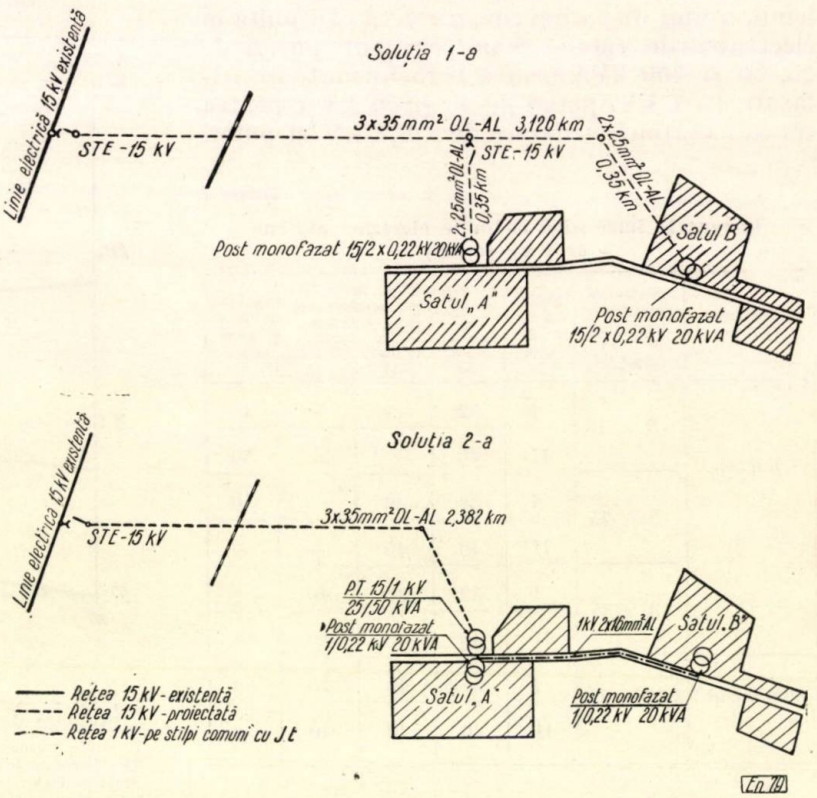


Fig. 10. Electrificarea satelor A și B în sistemul obișnuit (soluția 1) și în noul sistem (soluția a 2-a).

S-a luat în considerare de asemenea electrificarea prin linie de 15 kV a două sate foarte apropiate (fig. 10) în două soluții.

Soluția 1 prevede alimentarea satelor de la o linie trifazată de 15 kV prin două racorduri monofazate de 15 kV și două posturi de transformare monofazate 15/2 × 0,22 kV.

Soluția a 2-a prevede executarea unui racord de 15 kV, a unui post de transformare trifazat 15/1 kV și a două posturi de transformare monofazate 1/2 × 0,22 kV. Calculîndu-se costurile rețelelor în cele două soluții, realizate cu elementele constructive folosite în 1960, a rezultat că noul sistem de distribuție permite să se facă economii de cheltuieli de investiție de cca 10%.

5. Concluzii

Noul sistem de distribuție pentru electrificări rurale, folosind tensiunea intermediară de 1 kV, permite să se realizeze economii de investiție în anumite cazuri, cînd rețeaua de 15 kV este relativ costisitoare, fără ca acest nou sistem să prezinte dezavantaje de exploatare. Fabricarea aparatelor de 1 kV de către industria electrotehnică va da posibilitate să se aplice acest sistem ori de cîte ori se dovedește a fi mai economic decît soluția obișnuită. La proiectarea rețelelor pentru electrificarea satelor se recomandă să se aibă în vedere acest sistem, pentru a se obține economii la cheltuielile de investiție și a se grăbi și pe această cale ritmul de electrificare a satelor.

Bibliografie

[1] *Directivele Congresului al III-lea al P.M.R. cu privire la planul de dezvoltare a economiei naționale pe anii 1960—1965 și la schița planului economic de perspectivă pe 15 ani.*

[2] Gheorghiu N.: *Perspectivele electrificării în R.P.R. în lumina istoricelor hotărîri ale Congresului al III-lea al P.M.R.*, Energetica nr. 7 (1960), pag. 293—297.

[3] Budzko I. A.: *Rețele electrice rurale* (Selskie electriceskie seti), Moscova, Selihozghiz, 1959.

[4] Militaru P.: *Sisteme de distribuție de înaltă tensiune pentru electrificări rurale*, Energetica nr. 10 (1958) pag. 468—480.

[5] Gheorghiu N., Militaru P.: *Sistemul de distribuție a energiei electrice două conductoare — pămînt. Primele rezultate de exploatare ale aplicării acestui sistem în R.P.R.*, Energetica și Hidrotehnica nr. 11—12 (1954), pag. 371—381.

[6] Huhulea I.: *Studiul posibilității de utilizare a tensiunii de* 1000 Volți *în rețelele de distribuție de joasă tensiune*, Conferința electricienilor din R.P.R., Referat litografiat, București 1957.

Încercări de pornire rapidă a agregatelor energetice din centralele electrice

Ing. *C. DINULESCU*

I. Încercările efectuate la un cazan TG-170, de 170 t/h, 110 at, 510°C

A. *Condiții de plecare și de încercare*

1. După o oprire de cca. 28 h presiunea în tambur scăzuse practic la 0 kg/cm². Temperatura metalului tamburului scăzuse la 110°C în partea inferioară și la 152°C în partea superioară, deci Δt între generatricea superioară și inferioară era de cca. 40°C; diferența de temperatură în grosimea mantalei, δt, era practic nulă.

Temperatura metalului țevilor de supraîncălzire scăzuse la cca. 100°C.

2) Regimul de încălzire propus era caracterizat prin următoarele:

a) Viteza de creștere a temperaturii aburului saturat cca. 2°C/min.

b) Imediat după aprindere și timp de cca. 30 min. debitul caloric trebuia să fie de cca. 25% din cel corespunzător la plină sarcină adică cca. 3000 Nm³/h gaz metan.

c) Pînă la atingerea presiunii de cca. 3 kg/cm² cazanul trebuia să rămînă practic închis și numai după aceea urma să se deschidă vana către conducta principală pentru încălzirea acesteia.

d) La atingerea presiunii de 5 kg/cm², urma să se deschidă vana către instalația de pornire.

e) După cca. 30 min. și anume la depășirea presiunii de 10 kg/cm² trebuia să se regleze debitul caloric și cel de abur către instalația de pornire, astfel încît să se obțină atît viteza de încălzire propusă (2°C/min) cît și corelația normală între presiunea și temperatura aburului supraîncălzit.

3. Regimul efectiv de încălzire a fost următorul:

a) După primele 10 min. de la aprindere, debitul caloric a fost scăzut de la cca. 3000 Nm³/h sub 2500 Nm³/h și apoi menținut la această valoare pînă la atingerea presiunii de 60 kg/cm².

b) Viteza medie de încălzire a fost mai scăzută — din motivele ce se vor arăta mai departe — și anume de 1,68°C/min.

4. Pentru evitarea erorilor de transmitere și pentru mărirea preciziei măsurătorilor, temperaturile au fost determinate cu metoda prin compensare a forțelor electromotoare născute la punctele de sudură.

În consecință valorile găsite pentru Δt și δt la această a doua încercare sînt mai exacte decît cele determinate la prima încercare.

B. *Constatări*

1. Reducerea diferenței de temperatură între partea superioară și cea inferioară a tamburului, notată mai jos cu Δt.

Într-un articol anterior [1] în care se expuneau și se interpretau rezultatele încercărilor de rezultă din suprapunerea solicitărilor provocate de un Δt exagerat și de δt (diferența de temperatură în mantaua tamburului).

Explicația dată în acel articol asupra valorii exagerate a lui Δt era circulația foarte slabă a apei la capetele tamburului, ceea ce făcea ca apa să stagneze în aceste zone și deci părțile inferioare ale tamburului să se încălzească mult mai încet decît părțile superioare. Din această cauză Δt creștea în mod continuu pînă la punerea în paralel a cazanului, atingînd valoarea maximă

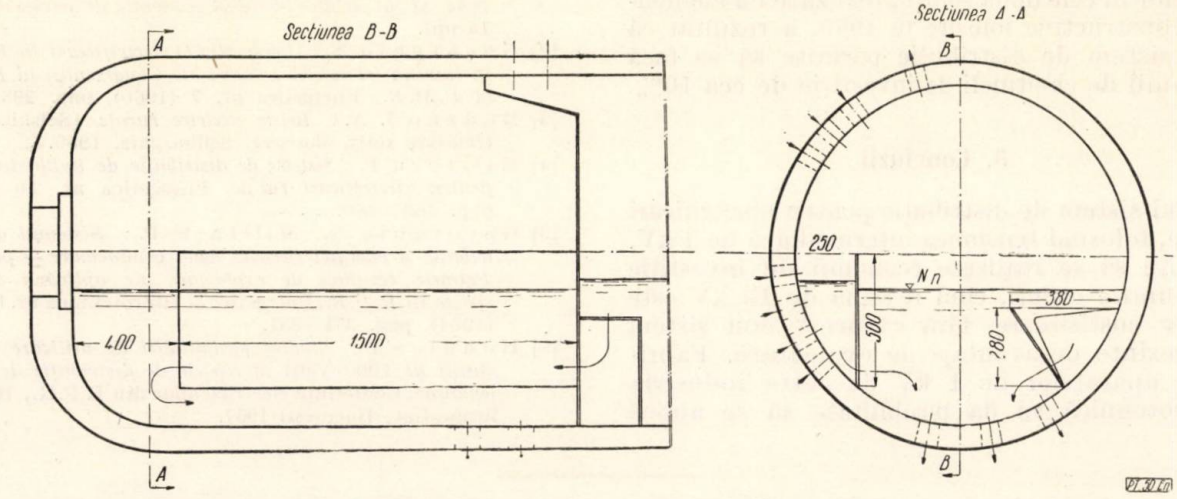


Fig. 1. Table dirijoare pentru activarea circulației la capetele tamburului

pornire rapidă după opriri de 8 h și 30 h, s-a tras concluzia că la cazanele de tipul menționat nu se poate aplica regimul de încălzire corespunzător vitezei de 120°C/h la reporniri după opriri de cca. 30 h, din cauza depășirii solicitării admisibile în tambur. Solicitarea anormală de 122°C și scădea la valoarea normală abia după cca. 6 ore de la punerea în paralel.

Pentru remedierea neajunsului semnalat, I.R.M.E. a propus, și C.T.E. Steaua Roșie a executat, modificarea arătată în fig. 1.

Modificarea este foarte simplă și constă din instalarea a 2 table dirijoare care au rostul de a împiedica apa ce se întoarce din ecrane sau ce vine din compartimentul curat să treacă direct la țevile coborîtoare ale ecranelor.

Prin aceasta, cele 2 fluxuri de apă sînt obligate să circule întîi către fundurile tamburului și apoi în sens invers către intrările în țevile coborîtoare, spălînd în acest fel atît flancurile cît și părțile inferioare ale capetelor tamburului.

Din curbele fig. 2 și 3, ce redau rezultatele măsurătorilor, se vede că scopul propus a fost complet atins pentru că :

a) Δt la cele 2 capete (Δt_6^1 și Δt_{11}^{10}) are practic aceeași alură cu aceea de la mijlocul tamburului (Δt_7^9)

b) Valoarea maximă atinsă a fost de cca. 69°C, deci sensibil mai redusă decît aceea atinsă

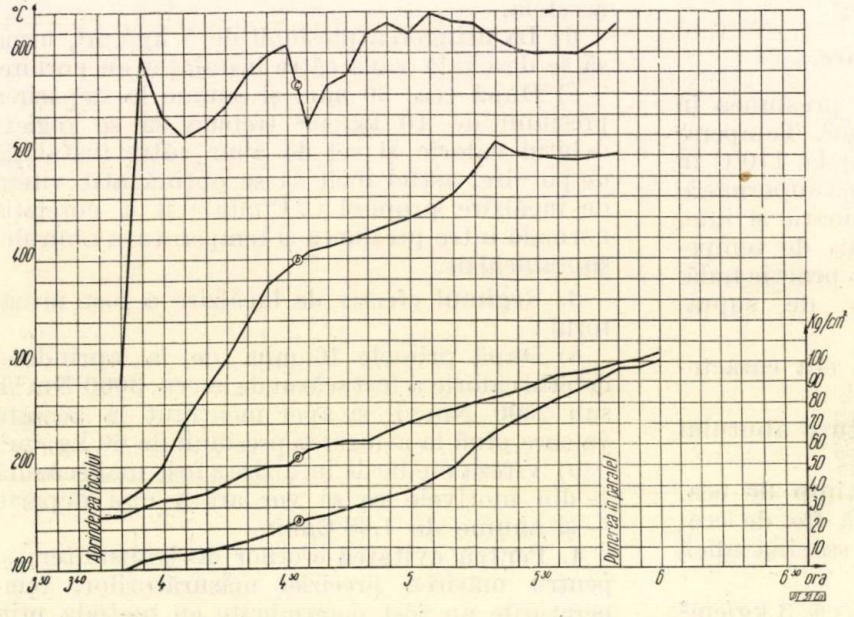


Fig. 2. Încercarea din 10.X.60 (după oprire de 30 h). Regimul de încălzire :
a — presiunea aburului supraîncălzit ; *b* — temperatura aburului supraîncălzit ;
c — temperatura gazelor de ardere ; *d* — temperatura tambur pct. 1

la încercările anterioare (122°C) şi mai scăzută chiar şi decît valorile admise în general (80°C—90°C).

c) Alura celor 3 curbe este clasică cu un max. atins după primele 15 min. scăzînd apoi pe măsura activizării circulaţiei apei în tambur şi tinzînd către cca. 10°C după punerea în paralel.

2. Viteza medie de încălzire a fost de cca. (310—100) : 125=1,68°C/min şi a atins o valoare maximă de cca. 2°C/min.

Nu s-a realizat viteza medie de 2°C/min din cauza unei false alarme provocate de măsurarea defectuoasă a temperaturii metalului la ţevile de supraîncălzitor.

3. Diferenţa de temperatură (δt) între faţa interioară şi exterioară a tamburului a fost în medie de cca. 10°C şi a atins o valoare maximă de scurtă durată de 25°C.

Dacă s-ar fi respectat regimul propus de încălzire de 2°C/min, δt ar fi atins o valoare medie de 12°C, valoarea max. de 25°C rămînea însă aceeaşi.

4. Verificarea cu relaţia Babcock a solicitării maxime rezultate din suprapunerea celor 2 diferenţe de temperaturi Δt şi δt.

În situaţia cea mai critică cele 2 diferenţe de temperaturi au fost respectiv $\Delta t = 50°C$ $\delta t = 25°C$.

Conform relaţiei Babcock, valoarea limită admisibilă pentru δt putea să atingă

$$\delta t \leqslant 55 - 0{,}4 \cdot 50 = 35°C$$ deci sensibil mai ridicată decît cea atinsă de 25°C.

5. Din cauza încălzirii de la mediul înconjurător — gaze de ardere cu temperatură ridicată — atît a firelor termoelementelor cît şi a punctului de sudură însăşi, temperatura metalului ţevilor de supraîncălzitor nu a putut fi stabilită în mod corect.

6. Temperatura gazelor de ardere în zona dintre feston şi supraîncălzitor a variat în jurul valorii de 600°C atingînd un maximum de 640°C adică ceva mai ridicată decît cea admisă în general de ordinul 570—600°C.

7. Creşterea bruscă a presiunii aburului pînă la 7 kg/cm² în primele 15 min. urmată de o stagnare timp de 10 min se explică prin vaporizarea „dopurilor" de apă din serpentinele verticale ale supraîncălzitorului, formate în timpul opririi cazanului.

8. În zona de abur, temperatura metalului este practic aceeaşi pe periferia tamburului şi numai în apropierea nivelului de apă începe să scadă.

9. Perioada de încălzire a cazanului pînă la punerea în paralel a fost de 125 min. (faţă de 240 min cît prevăd instrucţiunile de exploatare) şi de cca. 160 min. pînă la atingerea sarcinii de 150 t/h.

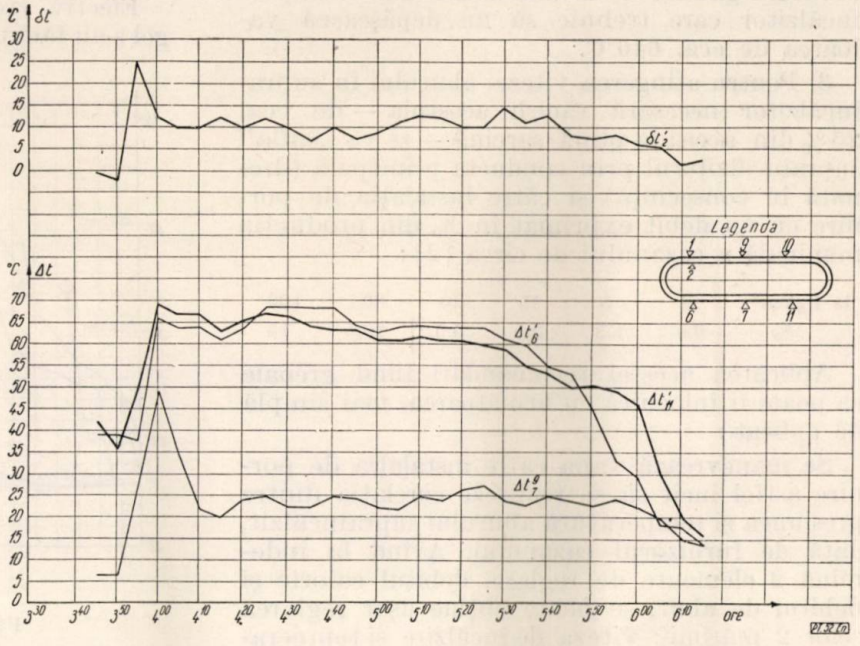


Fig. 3. Încercarea din 10.X.60 (după oprire de 30 h) — Diferenţe de temperaturi Δt şi δt

Durata încălzirii pînă la punerea în paralel putea să fie limitată la 100 — 110 min, dacă măsurarea defectuoasă a temperaturii metalului supraîncălzitorului n-ar fi impus — aşa cum s-a arătat la pct. B-2 — reducerea vitezei de încălzire.

Scurtarea duratei de încălzire pînă la 100—110 min n-ar fi antrenat o creştere a solicitărilor pentru că valorile Δt şi δt nu s-ar fi schimbat

10. Consumul de energie a ventilatoarelor de aer şi de gaze în perioada de încălzire pînă la punerea în paralel a fost de (160 + 180). 140 : 60 = 800 kWh şi putea să fie redus la

$$800 \cdot 110 : 140 = 630 \text{ kWh}.$$

C. *Recomandări*

Încălzirea cazanelor de tip TG-170, cu viteza de 2°C/min (respectiv 120°C/h) care scurtează timpul de repunere în funcţie — după opriri de cca. 30 h — la 100 — 110 min este posibilă şi nu comportă nici un risc dacă se respectă următoarele recomandări :

1. Să fie asigurată circulaţia apei la capetele tamburului printr-un sistem de tabele dirijoare dispuse conf. fig. 1.

2. Imediat după ventilarea cazanului să se aprindă un număr cît mai mare de arzătoare — minimum jumătate din numărul total —

şi dispuse cît mai simetric, cu un debit total de gaze de cca. 20 % — 25 % din consumul total la plină sarcină. Se va recurge la limita superioară numai dacă cu ajutorul a 2 termoelemente de nădejde se va putea controla temperatura gazelor de ardere la intrarea în supraîncălzitor care trebuie să nu depăşească valoarea de cca. 640°C.

3. Pentru atingerea vitezei aburului în supraîncălzitor necesară răcirii acestuia — de cca. 25 % din aceea la plină sarcină — se va „sufla" supraîncălzitorul prin conducta principală (drenată în consecinţă) şi către instalaţia de pornire cu un debit exprimat în % din producţia nominală a cazanului de circa [2]:

la kg/cm²	2	5	15	40	80	100
%	0,6	1,3	3,5	5,5	10,5	15

Aplicarea acestei recomandări fiind greoaie ea poate fi înlocuită cu următoarea, mai simplă de aplicat:

Se manevrează vana către instalaţia de pornire astfel încît să se realizeze corelaţia dintre presiunea şi temperatura aburului supraîncălzit, dată de furnizorul cazanului. Avînd la îndemînă 2 elemente de reglare, debitul caloric şi debitul de abur, se poate obţine uşor reglarea celor 2 mărimi: viteza de încălzire şi temperatura de supraîncălzire.

II. Încercările efectuate la o turbină VK-50 cu condensaţie de 50 MW, 90 at, 500°C

Într-un articol anterior [3] s-au arătat:

— punctele sensibile care limitează viteza de încălzire a turbinei şi cifrele de control;

— rezultatele unor încercări foarte minuţioase efectuate de fabrica constructoare L.M.Z. [4] care între altele puneau în evidenţă inutilitatea prelungirii duratei de ridicare a vitezei la repornirea din stare caldă.

Potrivit instrucţiunilor de exploatare în vigoare, la repornirea după cca. 30 h turbina nu este considerată caldă şi ridicarea vitezei pînă la 3000 t/min se face ca din stare rece conform graficului normal care conduce la o durată de 180 min.

Temperatura T_0 a punctului de „reper" (partea inferioară a carcasei în planul supapelor de reglare) la încercarea efectuată era de 160°C. La această temperatură, conf. unor instrucţiuni noi primite recent de la fabrica constructoare, turbina trebuie să fie considerată în stare caldă şi ridicarea vitezei se face după următoarele indicaţii:

— se învîrteşte la 400 t/min timp de 10′;

— între 500 t/min şi 2 300 t/min, durata este determinată de efectuarea operaţiilor tehnologice;

— se prelungeşte învîrtirea la 3000 t/min pînă cînd $T_0 = 185$°C.

În concluziile încercărilor L.M.Z. [4], pentru $T_0 = 160$°C, se recomandă:

— ridicarea vitezei în 50′;

— funcţionarea în gol 15′ şi depăşirea $T_0 \geqslant 170$°C.

Efectiv creşterea vitezei şi funcţionarea în gol s-au făcut conform graficului din fig. 4.

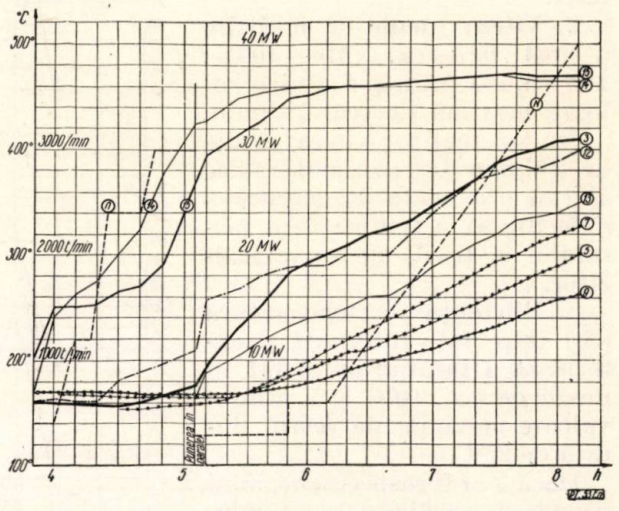


Fig. 4. Încercarea din 10.X.60
Încălzirea turbinei Vk-50

n — viteza t/min: *N* — sarcina în MW; *3* — temperatura cilindru zona „reper"; *5* şi *7* — temperatura „Flanşe super şi infer."; *9* — temper. bulon nr. 5; *12* — temperatura după roata Curtis; *13* — temperatura în priza 1; *14* — temperatura S.A.; *15* — temp. în S.A.

În aceeaşi figură se arată şi graficul de sarcină caracterizat prin următoarele elemente precizate prin noile instrucţiuni:

— funcţionarea la sarcină redusă (3 — 6 MW) pînă cînd $T_0 \geqslant 275$°C,

— creşterea pînă la plină sarcină cu ritmul de 3,3 MW în 10 min.

Se mai precizează că demararea turbinei s-a făcut cu abur la parametri inferiori celor nominali şi anume la cca. 40 at şi 350°C.

Constatări

1. Din curbele de temperaturi trasate în fig. 4 rezultă că pentru scurtă vreme (10 min) şi anume în perioada de creştere a vitezei de la 2 400 t/min la 3 000 t/min, viteza de încălzire a supapei automate a atins valoarea de 5°C/min faţă de valoarea de 4°C/min admis prin instrucţiunile vechi.

2. În perioada de ridicare a vitezei, temperatura corpului turbinei (cilindru, flanşe, buloane) rămîne practic constantă 160°C — 170°C şi deci nu sînt de temut vreun fel de solicitări termice.

3. În perioada de creştere a sarcinei, corpul turbinei s-a încălzit uniform cu o viteză de

cca. 1°C/min, cu excepția zonei inferioare, din planul supapelor de reglaj care la început s-a încălzit cu o viteză de cca. 2°C/min; ambele aceste valori sînt normale.

4. Diferența de temperatură între cilindru și flanșe a variat între 80°C și 100°C față de valoarea maximă admisibilă de 140°C.

5. Diferența de temperatură între flanșe și buloane a atins valoarea maximă de 50°C care este normală și admisibilă.

6. Față de instrucțiunile în vigoare, durata de ridicare a vitezei pînă la 3000 t/min s-a scurtat de la 180 min la 60 min.

III. Concluzii

1. Pornirea turbinelor de la „rece" sau din stare „caldă" cu abur de parametri inferiori celor nominali este nu numai posibilă dar și rațională.

2. Repornirea turbinelor V.K.—50 din stare caldă conform graficului arătat scurtează mult timpul de pornire și nu comportă nici o solicitare anormală. Acest grafic poate fi aplicat și turbinelor VK-25 și VPT-25.

3. Pentru diferite temperaturi ale punctului de reper, cuprinse între 120°C și 170°C, se pot folosi recomandările din [2].

Bibliografie

[1] Dinulescu C.: *Încercări de pornire rapidă a unui cazan T.G.—170—1* Energetica 7, 1960.

[2] Ceakrighin: Teploenerghetica 3, 1959.

[3] Dinulescu C.: Energetica 2, 1960.

[4] Gorelkin N. M.: Energomașinostroenie 12, 1957.

Publicațiile Tehnice ASIT

Revistele tehnice elaborate de Asociația Științifică a Inginerilor și Tehnicienilor, în colaborare cu ministerele interesate aduc la cunoștință cadrelor tehnice din producție, învățămînt, cercetare și proiectare ultimele realizări obținute în științele tehnice din țară și străinătate.

APAR:

AUTOMATICA ȘI ELECTRONICA
CELULOZĂ ȘI HÎRTIE
ELECTOTEHNICA
ENERGETICA
HIDROTEHNICA
INDUSTRIA LEMNULUI
INDUSTRIA TEXTILĂ
INDUSTRIA UȘOARĂ
METALURGIA ȘI CONSTRUCȚIA DE MAȘINI
PETROL ȘI GAZE
REVISTA DE CHIMIE
REVISTA INDUSTRIA ALIMENTARĂ — PRODUSE ANIMALE
REVISTA INDUSTRIA ALIMENTARĂ — PRODUSE VEGETALE
REVISTA MINELOR
REVISTA PĂDURILOR
REVISTA TRANSPORTURILOR
TELECOMUNICAȚII

Abonamentul anual pentru ingineri și tehnicieni lei 30 (Revista Metalurgia și Construcția de Mașini lei 48), pentru biblioteci, instituții, cabinete tehnice etc. lei 100, în contul Publicațiilor Tehnice ASIT 070124 B.R.P.R.-Filiala I. V. Stalin.

București — Str. Ion Ghica Nr. 3 — Raionul T. Vladimirescu — Telefon 14-06-24

Aspecte noi în reglarea automată a frecvenţei şi puterii active în sistemele energetice

Ing. *VLAD IONESCU*

Este unanim recunoscută importanţa mare pe care o prezintă pentru sistemele energetice reglarea automată a frecvenţei şi puterii active. Menţinerea nivelului corespunzător de frecvenţă în limitele impuse de cerinţele moderne aduce avantaje mari instalaţiilor consumatorilor, întrucît variaţiile de frecvenţă implică variaţii ale vitezelor de rotaţie ale mecanismelor antrenate, care duc la prejudicii în procesele tehnologice de producţie ale consumatorilor.

Reducerea pierderilor în sistemele energetice, creşterea randamentului global al centralelor electrice, îmbunătăţirea indicilor tehnico-economici în sistemele energetice, sînt cîteva din avantajele pe care le oferă reglajul raţional de frecvenţă.

În cadrul articolului de faţă se vor descrie cîteva din metodele moderne folosite astăzi în reglajul automat de frecvenţă.

I. Principii ale metodelor actuale de reglaj automat al frecvenţei

Este bine cunoscută schema structurală a unui sistem de reglaj automat al frecvenţei [1] atît funcţional cît şi rolul fiecărui etaj component.

Dacă se analizează această schemă structurală se poate observa cu uşurinţă existenţa unui etaj integrator pe legătura directă reprezentat de servomotorul electric de variaţie a vitezei de rotaţie de consemn care intervine la mufa comparatorului centrifugal.

Din acest motiv dacă mărimea perturbatoare îşi manifestă exclusiv influenţa asupra mărimii de ieşire a instalaţiei (frecvenţă) atunci sistemul va fi astatic. Funcţionarea în paralel a unor astfel de sisteme este destul de dificilă şi de multe ori imposibilă. Problema fundamentală a reglajului automat de frecvenţă este menţinerea constantă sau aproape constantă, în limite foarte înguste, a frecvenţei cu repartizarea optimă a puterilor active pe centralele reglante. În prezent se folosesc mai multe metode de reglaj atît pentru sistemele unitare cît şi pentru mari sisteme interconectate între ele. O metodă constă în realizarea unor caracteristici statice prin stabilizarea statică a regulatoarelor de frecvenţă (care sînt prin construcţie sisteme de reglaj de ordinul 1), realizîndu-se statisme compatibile cu variaţiile staţionare admisibile de frecvenţă. Prin aceasta se asigură o repartiţie univocă a puterilor pe instalaţiile reglante. Realizarea unor astfel de caracteristici se face cu ajutorul regulatoarelor secundare foarte sensibile.

Un alt mod de realizare a reglajului se face prin menţinerea staţionar constantă a frecvenţei cu repartiţia univocă a puterilor active. Aceasta constă în introducerea de etaje noi în sistemele de reglaj automat. În această privinţă se adoptă două modalităţi. Prima constă în condiţionarea mărimilor de comandă a regulatoarelor de mărimea perturbatoare totală din sistem în aşa fel ca anularea comenzii în regim staţionar (abaterea staţionară fiind nulă la o intrare în treaptă) să implice eroarea de frecvenţă nulă şi repartizarea pe fiecare sistem a unei cote parte din perturbare conformă unui program.

A doua modalitate se bazează pe condiţionarea puterilor active de un parametru unic şi anume integrala abaterii de frecvenţă cu menţionarea importantă a faptului că toate regulatoarele au acelaşi consemn fix. În expunerea de mai jos se va face o analiză a ultimelor două modalităţi de reglaj. Să considerăm (fig. 1) „m" sisteme astatice lucrînd în paralel.

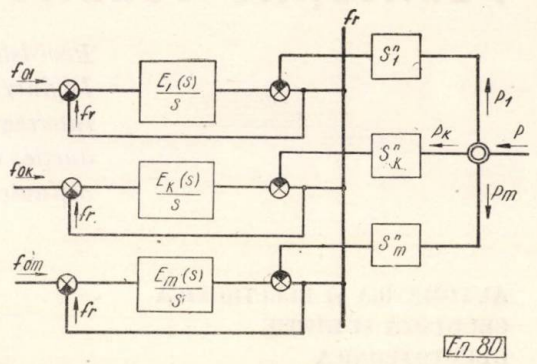


Fig. 1.

Conform cu [2] mărimile perturbatoare se localizează după cum sînt arătate pe figură fără a mai exista o altă intervenţie pe legătura directă, dependentă de perturbare. Se notează cu :

$\frac{E_k(s)}{s}$ $(k = 1,2,\ldots,m)$ — funcţiile de transfer ale sistemelor deschise.

$S_k^n(s) = 1,2,\ldots, m)$ — funcţiile de transfer ale mărimilor perturbatoare unde :

$$\frac{1}{S_k^n} = \frac{1}{S_{k\,grup}^n} + \frac{1}{S_{k\,sarcină}^n},$$

$\sum_{K=1}^{m} \frac{1}{S_{k\,sarcină}^n} = \rho$ — coeficient de autoreglaj al sarcinii.

P_k $(k = 1,2,\ldots,m)$ — puterile preluate de fiecare agregat în parte;

f_{0k} $(k = 1,2,\ldots,m)$ — consemnele corespunzătoare ale fiecărui sistem.

Punînd:

$$sD_k(s) = \frac{s}{s + E_k(s)} \text{ cu } D_k(0),\ E_k(0) \neq 0$$

unde $sD_k(s)$ — funcția de transfer a comparatorului diferențial. Se obține prin suprapunerea efectelor (datorită liniarității sistemelor) adică prin aplicarea consemnului (static) și a mărimii perturbatoare (dinamic) conform cu [2]:

$$f_r(s) = \frac{f_{0k}}{s} - s\,D_k(s)\,S_k^n(s)\,P_k(s) \qquad (1)$$

știind că:

$$\sum_{k=1}^{m} P_k(s) = P(s) \qquad (2)$$

unde P este puterea totală, cerută, se obține:

$$f_r(s) = \frac{1}{s} \cdot \frac{\sum_{j=1}^{m} \frac{f_{0j}}{S_j^n(s)D_j(s)}}{\sum_{j=1}^{m} \frac{1}{S_j^n(s)D_j(s)}} - \frac{s\,P(s)}{\sum_{j=1}^{m} \frac{1}{S_j^n(s)D_j(s)}}. \qquad (3)$$

$$P_k(s) = \frac{1}{s^2 S_k^n(s)\,D_k(s)} \left(f_{0k} - \frac{\sum_{j=1}^{m} \frac{f_{0j}}{S_j^n(s)D_j(s)}}{\sum_{j=1}^{m} \frac{1}{S_j^n(s)\,D_j(s)}} \right) + \frac{P(s)}{S_k^n(s)\,D_k(s) \sum_{j=1}^{m} \frac{1}{S_j^n(s)\,D_j(s)}}. \qquad (4)$$

Observînd formula (4) se vede că în cazul unei perturbări finite în treaptă regimul este instabil, în consecință repartiția este staționar nedefinită. În cazul cînd toate consemnele sînt egale între ele adică:

$$f_{01} = f_{02} = \ldots = f_{0m} = f_0 \qquad (5)$$

atunci expresiile (3) și (4) devin

$$f_r(s) = \frac{f_0}{s} - \frac{s\,P(s)}{\sum_{j=1}^{m} \frac{1}{S_j^n(s)D_j(s)}} \qquad (3')$$

și

$$P_k(s) = \frac{P(s)}{S_k^n(s)\,D_k(s) \sum_{j=1}^{m} \frac{1}{S_j^n(s)\,D_j(s)}}. \qquad (4')$$

Dacă sistemele satisfac condiția (5) atunci în cazul unei perturbări totale rapide asimilabile cu o funcție în treaptă

$$P(s) = \frac{P}{s} \qquad (6)$$

și aplicînd teorema valorii finale se obține:

$$f_r = f_0 \qquad (3'')$$

$$P_k = \frac{1}{S_k^n(o)\,D_k(o) \sum_{j=1}^{m} \frac{1}{S_j^n(o)\,D(o)}} P = \frac{1}{S_k \sum_{j=1}^{m} \frac{1}{S_j}} P = \alpha_k P \qquad (4'')$$

unde

$$S_k = S_k^n(o)\,D_k(o),\ \alpha_k = \frac{1}{S_k \sum_{k=1}^{m} \frac{1}{S_j}} \text{ și } \sum_{k=1}^{m} \alpha_{k=1}.$$

Se vede deci că fiecare sistem atomat preia o cotă parte (α_k) bine determinată din perturbarea totală, coeficienții de propoționalitate α_k depinzînd de parametrii regulatoarelor.

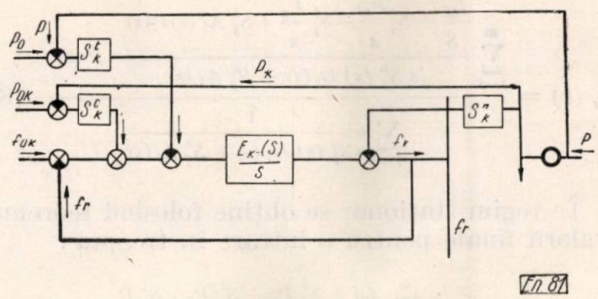


Fig. 2

În cazul echipării agregatelor cu regulatoare de viteză izodrome fără regulatoare secundare, realizarea expresiilor (3'') și (4'') este extrem de problematică datorită gradului de insensibilitate mare cît și inegalității consemnelor fixe ale regulatoarelor de viteză.

În cazul folosirii regulatoarelor secundare metoda devine aplicabilă dar nu în forma directă ci prin folosirea unor etaje suplimentare integratoare care furnizează parametrul reglant unic și anume integrala abaterii de frecvență. Se vor descrie caracteristicile analitice a 2 modalități de reglaj cu menținerea constantă a frecvenței staționare.

1. *Metoda sistemelor automate cu statisme virtuale.* (*Metoda statismului virtual*). Metoda se bazează pe condiționarea funcționării regulatoarelor atît de mărimea perturbatoare a agregatului reglant cît și de o fracțiune din puterea totală a agregatelor reglante. Descrierea principiului metodei cît și o serie de aspecte de realizare sînt descrise în [1] și [3]. Din punct de vedere structural o astfel de schemă se prezintă ca în figura 2, unde:

S_k^c $(k = 1,2\ldots m)$ — factorii care condiționează mărimea de comandă de mărimea perturbatoare a fiecărui agregat.

$S_k^t\ (k = 1,2 \ldots m)$ — factorii care condiționează mărimea de comandă de mărimea perturbatoare totală;

se mai notează cu:

$A_k\ (s)\ (k = 1,2, \ldots m)$ — funcțiile de transfer ale sistemelor închise.

În acest caz mărimea de comandă x_c are expresia:

$$x_c = f_{0k} - f_r + S_k^c\,(P_{0k} - P_k) - S_k^t\ (P_0 - \sum_{j=i}^{m} P_j) \quad (7)$$

Ținînd seama de expresii analoge cu (1) și de (7) se obține:

$$f_r\ (s) = \frac{\sum_{j=i}^{m} \frac{\frac{f_{0j}}{S} + S_j^c \frac{P_{0j}}{s} - S_j^t \frac{P_0}{s} + S_j^t\, A_j\,(s)\, P\,(s)}{s\, S_j^n\,(s)\, D_j\,(s) + S_j^c\, A_j\,(s)} - P\,(s)}{\sum_{j=1}^{m} \frac{1}{sS_j^n\,(s)\, D_j\,(s) + S_j^c\, Aj\,(s)}} \quad (8)$$

În regim staționar se obține folosind teorema valorii finale pentru o intrare în treapta:

$$f_{r\infty} = f_r = \frac{\sum_{j=1}^{m} \frac{f_{0j} + S_j^c\, P_{0j} - S_j^t\, P_0 + S_j^t\, P}{S_j^c} - P}{\sum_{j=1}^{m} \frac{1}{S_j^c}}$$

Pentru a menține, după cum s-a amintit mai sus frecvența staționar constantă este necesar și suficient ca:

$$\frac{\partial f_r}{\partial P} = 0 \quad (10)$$

relație care conduce la:

$$\sum_{k=1}^{m} \frac{S_j^t}{S_j^c} = 1. \quad (11)$$

Această condiție trebuie să o satisfacă repartitorul automat de sarcină pe fiecare sistem automat.

Considerînd relația (11) și recalculînd expresiile operaționale ale frecvenței și puterilor se obține:

$$f_r\ (s) = \frac{\sum_{j=1}^{m} \frac{f_{0j}}{sS_j^n\,(s)\, D_j\,(s) + S_j^c\, A_j\,(s)}}{\sum_{j=1}^{m} \frac{1}{sS_j^n\,(s)\, D_j\,(s) + S_j^c\, A_j\,(s)}} +$$

$$+ \frac{\sum_{j=1}^{m} \frac{S_j^t\, A_j\,(s)}{sS_j^n\,(s)\, D_j\,(s) + S_j^c\, A_j\,(s)} - 1}{\sum_{j=1}^{m} \frac{1}{sS_j^n\,(s)\, D_j\,(s) + S_j^c\, A_j\,(s)}}\ P\,(s) \quad (8')$$

și

$$P_k\,(s) = \frac{\frac{f_{0k}}{s} + S_k^c \frac{P_{0k}}{s} - S_k^t \frac{P_0}{s}}{sS_k^n(s)\, D_k(s) + S_k^c\, A_k\,(s)} +$$

$$+ \frac{\frac{f_{0j}}{s}}{\sum_{j=1}^{m} \frac{}{sS_j^n\,(s)\, D_j\,(s) + S_j^c\, A_j\,(s)}} +$$

$$+ \frac{}{\left(sS_k^n\,(s)\, D_k\,(s) + S_k^c\, A_k\,(s)\right) \sum_{j=1}^{m} \frac{1}{sS_j^n\,(s)\, D_j(s) + S_j^c\, A_j\,(s)}} +$$

$$+ \left(\frac{S_k^t\, A_k\,(s)}{sS_k^n\,(s)\, D_k\,(s) + S_k^c A_j\,(s)} - \right.$$

$$\left. - \frac{\sum_{j=1}^{m} \frac{s_j^t\, A_j\,(s)}{sS_j^n\,(s)\, D_j\,(s) + S_j^c\, A_j\,(s)} - 1}{\left(sS_k^n\,(s)\, D_k\,(s) + S_k^c\, A_k\,(s)\right) \sum_{j=1}^{m} \frac{1}{sS_j^n\,(s)\, D_j(s) + S_j^c\, A_j(s)}} \right) P\,(s)$$

cu

$$\sum_{k=1}^{m} \frac{S_k^t}{S_k^c} = 1.$$

În regim staționar expresiile (8′) și 12) devin

$$f_{r\infty} = f_r = \frac{\sum_{k=1}^{n} \frac{f_{0k}}{S_k^c}}{\sum_{k=1}^{m} \frac{1}{S_k^c}}. \quad (13)$$

$$P_{k\infty} = P_k = P_{0k} - \left(\frac{1}{S_k^c} \left(\frac{\sum_{j=1}^{m} \frac{f_{0j}}{S_j^c}}{\sum_{j=1}^{m} \frac{1}{S_j^c}} - f_{0k} \right) + \frac{S_k^t}{S_k^c} (P_0 - P) \right) \quad (14)$$

În cazul că toate consemnele fixe ale regulatoarelor sînt egale și anume satisfac relația (5) atunci se obține:

$$f_r\ (s) = \frac{f_0}{s} - \frac{1 - \sum_{j=1}^{m} \left(\frac{S_j^t\, A_j\,(s)}{sS_j^n\,(s)\, D_j(s) - S_j^c\, A_j(s)} \right)}{\sum_{j=1}^{m} \frac{1}{sS_j^n\,(s)\, D_j(s) + S_j^c\, A_j\,(s)}}\ P\,(s) \quad (8'')$$

variația în primul moment este dată de $(sf_r(s))\infty$ întrucît $(sDj\ (s))_\infty = 1$, $(Aj\ (s))_\infty = 0$, $j = 1,2 \ldots m$ introducînd statismul natural echivalent se obține

$$f_r = f_0 - S_e^n\ (\infty)\ P = 0 \quad (15)$$

Se vede de asemenea că se poate obține funcția de transfer a comparatorului diferențial echivalent și anume :

$$De(s)=\frac{1-\sum_{j=1}^{m}\frac{S_j^t A_j(s)}{sS_j^n(s)D_j(s)+S_j^c A_j(s)}}{\sum_{j=1}^{m}\frac{1}{sS_j^n(s)D_j(s)+S_j^c A_j(s)}}\sum_{j=1}^{m}\frac{1}{S_j^n(s)} \quad (16)$$

unde se poate vedea ușor că

$$De(0)=0 \quad (17)$$

datorită expresiei (11). Metoda descrisă prezintă o serie de avantaje mari [1], [3], [4]. Însă are inconvenientul esențial că necesită o

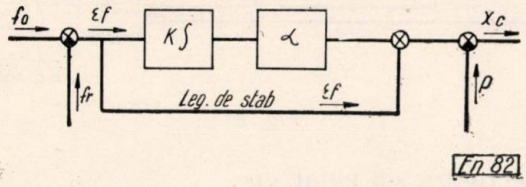


Fig. 3.

cantitate mare de canale de telemăsură și telereglaj și anume egal cu „2 m" — ceea ce scumpește mult costul instalației. În concluzie se poate vedea că metoda are la bază crearea unui statism virtual al agregatelor în așa fel ca distribuirea perturbării să fie univocă și frecvența sa fie staționar constantă.

2. *Metoda reglajului integral (față-putere).* Această metodă se bazează pe condiționarea repartizării puterilor active pe centrale în funcție de un parametru unic, integrala abaterii de frecvență. Acest sistem se aplică pe scară din ce în ce mai largă dovedind o serie întreagă de avantaje.

Schema structurală a unui astfel de sistem este redată în figura 3.

Se vede că mărimea de comandă are expresia :

$$x_c=\varepsilon_f+\alpha\int_0^t K\varepsilon_f\,dt-P. \quad (18)$$

În regim staționar :

$$x_c=0$$

și deci :

$$\varepsilon_{f\,final}=+\alpha\int_0^{t\ final}K\varepsilon_f\,dt-P$$

dar sistemul fiind stabil și de grad superior lui 0 se obține

$$\varepsilon_{f\,final}=0$$

deci :

$$P=\alpha\int_0^{t\ final}K\varepsilon_f\,dt=\alpha\varphi. \quad (19)$$

Principiul amintit se aplică în două moduri și anume : a) metoda reglajului centralizat, b) metoda reglajului descentralizat, fiecare din

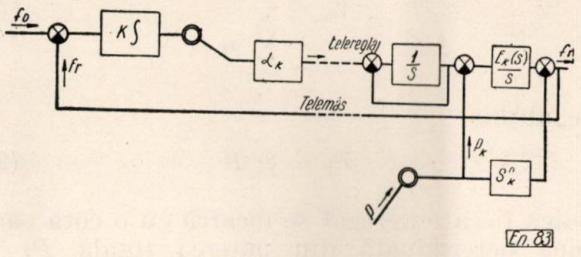


Fig. 4.

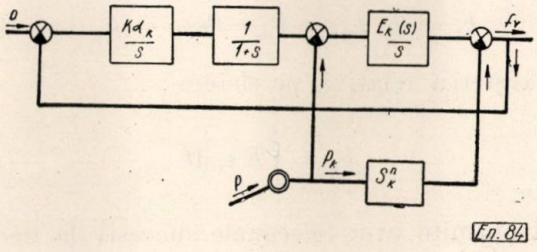
metode aplicîndu-se conform cu specificul sistemului energetic.

În cazul reglajului centralizat [4] schema structurală are aspectul din figura 4 în care se repartizează fiecărei centrale prin telereglaj o cotă parte din faza corespunzătoare, unică pentru tot sistemul (se presupune că toate părțile sistemului funcționează în sincronism).

Transfigurînd schema se obține figura 5.

Se poate scrie atunci :

$$f_r(s)=\frac{f_0}{s}-\frac{s^2(1+s)S_k^n(s)+s(1+s)E_k(s)}{s^2(1+s)+K\alpha_k E_k(s)}P_k(s) \quad (20)$$



F.g. 5.

Printr-un calcul analog cu cele precedente se obține :

$$P_k(s)=\frac{s^2(1+s)+K\alpha_k E_k(s)}{s(1+s)[sS_k^n(s)+E_k(s)]}\times$$

$$\times\frac{1}{\sum_{j=1}^{m}\frac{s^2(1+s)+K\alpha_j E_j(s)}{s(1+s)[sS_j^n(s)+E_j(s)]}}P(s). \quad (21)$$

În cazul unei variații rapide a puterii totale

$$P(s)=\frac{P}{S}$$

se obține în regim staționar

$$P_k = K\alpha_k \frac{1}{\sum_{j=1}^{m} K\alpha_j} P = \frac{\alpha_k}{\sum_{j=1}^{m} \alpha_j} P \qquad (22)$$

sau punînd

$$\beta_k = \frac{\alpha_k}{\sum_{j=1}^{m} \alpha_j} \qquad (23)$$

se obține

$$P_k = \beta_k P \qquad (24)$$

adică fiecare agregat se încarcă cu o cotă parte bine determinată din puterea totală P. Se face mențiunea importantă că s-a considerat același consemn (prin însăși realizarea reglajului), astfel conform cu cele amintite mai sus repartiția este stabilă.

Și în acest caz se poate obține o funcție de transfer echivalentă (egalitatea consemnelor)

$$De\,(s) = \sum_{j=1}^{m} \frac{I}{S_j^n\,(s)} \frac{1}{\sum_{j=1}^{m} \frac{s^2\,(1+s) + K\alpha_j E_j\,(s)}{s\,(1+s)\,[sS_j^n\,(s) + E_j\,(s)]}}. \qquad (16')$$

În cazul reglajului descentralizat [4], după cum se va vedea mai departe, faza se transmite în lanț de la punctul de dispecer din centrală în centrală. Pentru a se obține o repartiție optimă economică este știut [4] și [5] că creșterile relative b_k trebuie să aibă valori egale adică :

$$b_1 = b_2 \ldots = b_m = b_{sist.} = b_0 \qquad (25)$$

Creșterea relativă pe sistem :

$$b_0 = \int_0^t K\varepsilon_f\,dt \qquad (25')$$

se transmite prin telecanale succesiv la fiecare centrală reglantă. Un calcul analitic dă formule similare cu cele de mai sus. Avantajul mare al sistemului de reglaj fază-putere [4] constă în reducerea simțitoare a numărului de telecanale.

II. Exemple de aplicare a metodelor expuse

În acest paragraf nu se vor expune aspectele constructive ale metodei statismului virtual, acesta fiind descris în [1] și [3].

Ne vom opri asupra metodei fază-putere.

Această metodă realizată de F. Cahen a fost mult îmbunătățită de specialiștii sovietici. Metoda a fost completată cu sistemul de repartizare optimă a puterilor făcîndu-se o serie de intervenții automate în schema termomecanică a centralelor reglante respective. O astfel de schemă a fost redată după [4] în figura 6.

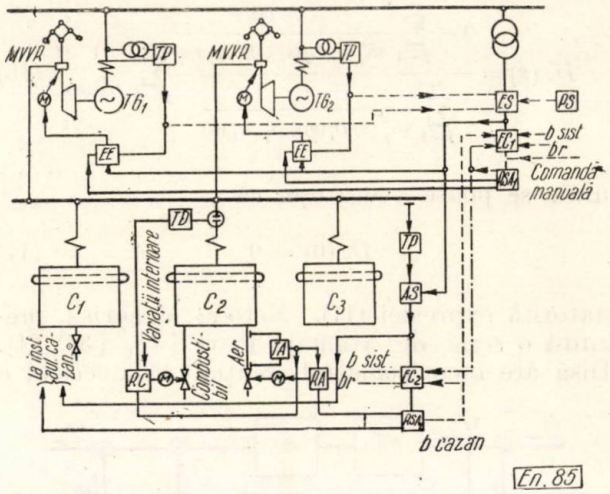


Fig. 6

Pe figură s-a notat cu :

- *ES* — etajul sensibil care scoate la ieșire o tensiune amplificată proporțională cu eroarea momentană de frecvență.
- EC_1 — etajul de comandă al repartitorului de sarcină 1
- RSA_1 — repartitorul de sarcină activă pe agregate
- *TP* — traductori de putere.
- *EE* — elementele executoare ale sistemului automat
- *MVVR* — mecanismuele de variație a turațiilor
- *Tp* — traductor de presiune
- *AS* — amplificator sumator al abaterii de frecvență cu cel de presiune
- EC_2 — etajul de comandă al repartitorului de sarcină 2
- RSA_2 — repartitorul de sarcină pe cazane
- *TA* — traductor al debitului de aer
- *RA* — sistem de reglaj al admisiei aerului
- *TD* — traductor al debitului de abur
- *RC* — sistem de reglaj al admisiei de combustibil
- *PS* — programator de sarcină

Sistemul funcționează în felul următor :

În cazul unei abateri de frecvență de exemplu la o scădere a frecvenței etajul sensibil sesizează variația și comandă asupra etajelor *EE* în scopul măririi admisiei de abur la tensiune.

De asemenea *ES* acționează asupra lui RSA_1 în scopul unei încărcări corespunzătoare agregatelor.

Comenzile amintite au ca efect scăderea debitului de abur și a presiunii. În acest scop abaterea de presiune tradusă de *Tp* într-o

tensiune se însumează în AS cu abaterea de frecvență și comandă sistemul RA și RSA_2 în scopul restabilirii parametrilor la cazane. De asemenea se acționează și asupra lui RC pentru mărirea cantității de combustibil în cazane, controlul încărcării optime economice făcîndu-se prin RSA_2. Sistemul poate lucra și pentru reglajul puterii introducîndu-se o zonă de insensibilitate la ES, acesta avînd rolul de corector de frecvență (vezi liniile punctate de la TP). De asemenea este prevăzută posibilitatea reglajului optim economic după metoda creșterilor relative.

Notînd cu :

x_{ce_k} — mărimile de comandă pe partea electrică
x_{ct_k} — mărimile de comandă pe partea termică
ε_p — abatarea de presiune
D_k — debitele de abur

se poate scrie :

$$x_{ce_k} = \underbrace{\varepsilon_f}_{ES} + \underbrace{\delta_k\left(\alpha_k \int_0^t K\,\varepsilon_f dt - P_k\right)}_{TP+RSA} \text{ acționează } MVVR \tag{26}$$

$$x_{ct_k} = \underbrace{\underbrace{\gamma\,\varepsilon_p}_{TP} + \underbrace{\varepsilon_f}_{ES}}_{AS} + \rho_k\left(D_k + \psi_k \int_0^t m\,(\gamma\,\varepsilon_p + \varepsilon_f)\,dt\right) \tag{27}$$

În acest caz se poate vedea că

$$\varepsilon_{f\infty} = \varepsilon_{p\infty} = 0 \tag{28}$$

Schema de reglaj centralizat este dată în figura 7.

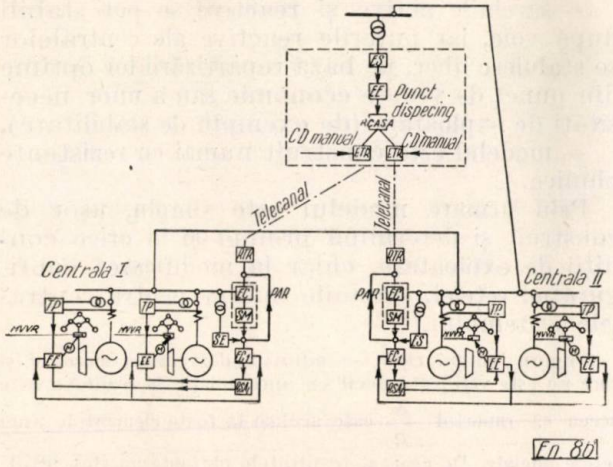


Fig. 7.

La punctul central de dispecing este instalată aparatura necesară repartizării comenzilor de telereglaj în sistem :

ES — etajul sensibil care sesizează abaterea de frecvență
EE — elementul de execuție al ES
$RCASA$ — repartitorul central automat al sarcinii active
ETR — emițătorii de telereglaj.

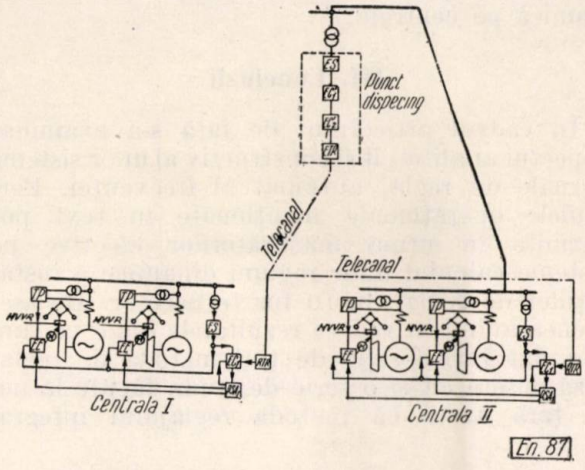


Fig. 8

La centralele reglante sînt instalate următoarele etaje suplimentare față de cele amintite în figura 6 :

RTR — receptorul de telereglaj
PAR — potențiometrul automat repetitor care este compus din :
EC — element de comandă
SM — servomotor

În $RCASA$ sînt situați o serie de repetitori care modifică frecvențele unor oscilatori de î. f., fiecare frecvență corespunzînd unui anumit nivel de reglaj corespunzător centralelor reglante.

Instalația lucrează în felul următor :

În cazul unei variații de frecvență ES o sesizează și o transmite tradusă și amplificată lui EE care la rîndul său comandă $RCASA$. Aici repetitorii modifică frecvența de oscilație a generatorilor de î.f. prin modificarea capacităților circuitelor oscilante, iar înaltele frecvențe se transmit la ETR și prin intermediul telecanalelor la centrale.

Nivelele de reglaj pentru fiecare centrală sînt recepționate de RTR corespunzător, traduse și transmise PAR care este un repetitor al valorii finale fiind reprezentat de un etaj integrator, relaxat printr-o legătură inversă. Comanda primită este sumată cu puterea proprie debitată formînd mărimea de execuție a reglajului.

Pentru reglajul descentralizat s-a adoptat de către Institutul Unional de Studii Energetice (VNIIE) schema din figura 8.

În acest caz, după cum ușor se poate vedea, punctul central de dispecer transmite în lanț creșterea relativă a sistemului fiecărei centrale

care este comparată cu fiecare creştere relativă a centralelor.

Metoda are avantajul că se micşorează considerabil numărul de telecanale asigurîndu-se totodată repartizarea univocă şi optimă economică pe centrale.

III. Concluzii

În cadrul articolului de faţă s-a examinat aspectul analitic cît şi constructiv al unor sisteme actuale de reglaj automat al frecvenţei. Formulele operaţionale menţionate în text pot permite în urma măsurătorilor efective pe sisteme calculul unor regiuni dinamice a instalaţiilor de reglaj, lucru foarte necesar. De asemenea avînd în vedere rezultatele bune pe care le-a dat într-o serie de ţări, metoda de reglaj fază-putere cît şi o serie de studii făcute la noi în ţară arată că metoda reglajului integral centralizat s-ar preta bine pentru sistemul energetic al ţării noastre. Se menţionează că în articol nu s-a amintit nimic despre metodele de reglaj între mari sisteme energetice interconectate prin „legături slabe", probleme puse cu mare acuitate în prezent şi care pot face obiectul unei alte publicaţii.

Bibliografie

[1] Penescu C.: *Automatica şi telemecanica sistemelor energetice.* Editura Acad. R.P.R. 1959, Vol. I.

[2] Penescu C.: *O metodă pentru simplificarea analizei sistemelor de reglare automată liniară şi continue.* Automatica şi Electronica nr 5, 1957.

[3] Energetica za rubejiom: *Avtomaticescoe regulirovanie ciastoti i activnoi moscinosti v energosistemah.* — 1957.

[4] Moskalev A. G.: *Reglarea automată a frecvenţei şi puterii active în sistemele energetice.* Gosemjoizdat 1960.

[5] Marcovici I. M.: *Sisteme energetice. Regimuri de funcţionare.* Editura Tehnică, 1960.

Determinarea pe model a repartizării optime a sarcinii între centrale, ţinînd seama de pierderile în reţea

Ing. *A. SEMLYEN*

Problema repartizării optime a sarcinii între centrale era în trecut simplificată prin aceea că reţelele de interconexiune fiind puţin extinse, puterile transportate erau mici şi astfel pierderile în reţea nu erau luate în considerare. În prezent însă la cheltuielile de producere de energie electrică se adaugă cu o pondere mare şi cheltuielile de transport şi cum adesea cheltuielile de producere nu diferă prea mult între ele, pierderile de energie la transportul acesteia pot influenţa în mare măsură repartizarea economică a sarcinii între centrale.

Luarea în considerare a pierderilor în reţea la determinarea repartizării optime a sarcinilor între centrale este o problemă foarte grea, însă de mare eficacitate economică. Rezolvarea ei se face cu maşini de calcul numerice sau instalaţii de calcul analogice speciale, foarte costisitoare. Totuşi folosirea lor este rentabilă, considerînd economiile importante pe care le aduc în raport cu repartizarea sarcinilor printr-o simplă apreciere, intuitivă, sau bazată pe un calcul aproximativ. Se consideră în literatură [1] că economiile anuale la un sistem energetic de 1 000 MW sînt de ordinul de 50 000 dolari. În cazul ţării noastre probabil această cifră ar fi chiar depăşită.

În această lucrare se prezintă o propunere a autorului pentru realizarea unui model (mese) de calcul pentru determinarea rapidă, pe cale experimentală a sarcinii optime a centralelor ţinînd seama de pierderile în reţea. Modelul propus are avantajele faţă de acelea cunoscute din literatură că

— funcţionează fără servomecanisme, pe principii pur electrice,

— nu necesită determinarea prealabilă a constantelor B de pierderi în reţea,

— sarcinile active şi reactive se pot stabili după voie, iar puterile reactive ale centralelor se stabilesc liber, pe baza repartizării lor optime din punct de vedere economic sau a unor necesităţi de exploatare (de exemplu de stabilitate),

— modelul este construit numai cu rezistenţe ohmice.

Prin urmare modelul este simplu, uşor de construit şi determină prompt şi în orice condiţii de exploatare, chiar la modificarea configuraţiei reţelei, sarcinile optime pentru centralele sistemului.

Singura ipoteză care s-a admis la dezvoltarea metodei şi care nu este verificată decît cu aproximaţie în realitate este aceea că raportul $\frac{X}{R}$ este acelaşi la toate elementele unei reţele buclate. De aceeea, rezultatele obţinute nu sînt întotdeauna exacte. Nu trebuie uitat însă că o precizie exagerată nu este justificată, în primul rînd pentru faptul că caracteristica de cheltuieli funcţie de putere este cunoscută cu o precizie limitată. Dacă adesea, la determinarea constantelor B de pierderi în reţea se consideră acceptabilă ipoteza unui factor de putere constant pentru o centrală [2] şi chiar acelaşi pentru toate centralele, rezultă că ipoteza $\frac{X}{R}$ = const. la bucle este justificabilă pentru obţinerea unei instalaţii de

calcul simple și elastice în exploatare. Trebuie subliniat că ipoteza $\frac{X}{R} = \text{const.}$ nu este necesară decît în cazul buclelor din rețea; în rest circulația curenților este impusă prin puterile consumate și cele produse și nu depinde de impedanțe. Se știe că în cazul cînd $\frac{X}{R}$ într-o buclă are aceeași valoare la toate elementele buclei, circulația de puteri se stabilește astfel (dacă și alimentarea se face pe baza repartiției optime), încît pierderile să fie minime. Cum însă X în realitate nu este proporțional cu R (sau chiar zero cum se admite în model) rezultă o circulație diferită și deci și pierderi mai mari decît cele minime. Totuși în apropiere de valoarea minimă creșterea pierderilor este în general mică [3] astfel încît nu rentează să se readucă circulația curenților la valoarea optimă folosind mijloace speciale, cum ar fi condensatoare longitudinale sau transformatoare transversale.

Problema repartizării optime a sarcinilor nu este cunoscută încă în măsură largă de inginerii care lucrează în domeniul centralelor și sistemelor electrice. De aceea expunerea care va urma, va prezenta și aspecte teoretice ale problemei și un exemplu numeric.

Teoria generală a problemei se prezintă astfel:

Fie K_i (lei/oră) cheltuielile de producție ale centralei i în funcție de puterea P_i produsă de această centrală. Pierderile în rețea le notăm cu p, iar puterea totală livrată consumatorilor P_c o considerăm dată:

$$\sum P_i - p = P_c = \text{const.} \tag{1}$$

Dacă se neglijează p, avem

$$\sum P_i = P_c = \text{const.} \tag{1'}$$

Se urmărește ca

$$\sum K_i = \min, \tag{2}$$

respectînd totodată și condiția (1) sau (1'). Din (2) se obține, pentru valoare extremă:

$$\sum \mathrm{d}K_i = \sum \frac{\mathrm{d}K_i}{\mathrm{d}P_i}\,\mathrm{d}P_i = 0, \tag{3}$$

iar din (1) prin diferențiere

$$\sum \left(\mathrm{d}P_i - \frac{\partial p}{\partial P_i}\,\mathrm{d}P_i\right) = 0. \tag{4}$$

Relațiile (3) și (4) sînt satisfăcute simultan, oricare ar fi creșterile $\mathrm{d}P_i$, dacă

$$\frac{\mathrm{d}K_i}{\mathrm{d}P_i} - \lambda\left(1 - \frac{\partial p}{\partial P_i}\right) = 0, \tag{5}$$

sau

$$\frac{\mathrm{d}K_i}{\mathrm{d}P_i} + \lambda\,\frac{\partial p}{\partial P_i} = \lambda, \tag{6}$$

sau încă

$$\frac{\dfrac{\mathrm{d}K_i}{\mathrm{d}P_i}}{1 - \dfrac{\partial p}{\partial P_i}} = \lambda. \tag{7}$$

Ultimele două forme sînt cele date în literatură pentru condiția de minim. Se arată că valoarea extremă este un minim numai dacă $\frac{\mathrm{d}K_i}{\mathrm{d}P_i}$ crește în raport cu P_i, ceea ce este cazul în general [4]. Considerînd și pierderile în rețea această condiție nu mai este necesară. Dacă s-ar fi neglijat pierderile în rețea, s-ar fi obținut:

$$\frac{\mathrm{d}K_i}{\mathrm{d}P_i} = \lambda. \tag{7'}$$

În relațiile (5), (6), (7), (7'), λ reprezintă multiplicatorul lui Lagrange. În mod obișnuit, la demonstrație, se formează întîi diferența relațiilor (2) și (1) înmulțită cu λ:

$$\sum K_i - \lambda\left(\sum P_i - p - P_c\right),$$

iar diferențiala acesteia, egalată cu zero ne dă relația (5).

Relația (7') ne arată că în cazul repartiției optime, și neglijînd pierderile în rețea, creșterile specifice de cheltuieli cu creșterea puterii debitate de centrală sînt constante. Relația (7) exprimă același lucru însă aici creșterea de cheltuieli este raportată la puterea netă care revine consumatorilor, după ce din creșterea puterii centralei s-a scăzut creșterea corespunzătoare a pierderilor. Într-adevăr, la o creștere cu $\mathrm{d}P_i$ a puterii centralei cheltuielile cresc cu $\mathrm{d}K_i$, pierderile cu $\frac{\partial p}{\partial P_i}\,\mathrm{d}P_i$, iar puterea utilă cu $\mathrm{d}P_i - \frac{\partial p}{\partial P_i}\,\mathrm{d}P_i$; prin urmare creșterea relativă va fi

$$\frac{\mathrm{d}K_i}{\mathrm{d}P_i - \dfrac{\partial p}{\partial P_i}\,\mathrm{d}P_i},$$

corespunzător primului membru al egalității (7).

Dacă creșterile specifice în centrale sînt egale la orice sarcină (cel puțin teoretic), din (6) rezultă

$$\frac{\partial p}{\partial P_i} = \text{const.} \tag{8}$$

ceea ce înseamnă pierderi minime în rețea. Prin urmare pierderile minime în rețea nu reprezintă o situație optimă din punctul de vedere al economiei energetice în ansamblu, deoarece în general $\frac{\mathrm{d}K_i}{\mathrm{d}P_i}$ nu sînt aceleași. Trebuie de asemenea subliniat, că repartizarea puterilor pe centrale și agregate este limitată de puterile lor maxime și minime admisibile, de viteze maxime admisibile pentru modificarea puterii etc.

Cheltuielile K_i nu depind de puterile reactive debitate Q_i, ele însă influențează pierderile în rețea. Pentru repartizarea optimă a puterilor reactive va fi valabilă deci relația

$$\frac{\partial p}{\partial Q_i} = \mu = \text{const.} \tag{9}$$

analoagă cu (8) și care exprimă condiția ca pierderile produse de circulația puterii reactive să fie minime. Și în acest caz există însă limitări, în sensul că o centrală nu poate debita o putere reactivă oricît de mică (din motive de stabilitate) sau oricît de mare (încălzire, excitație). Totuși, relația (9) va fi aproximativ valabilă, adică repartizarea puterilor reactive nu va diferi mult de aceea care corespunde pierderilor minime în rețea. Reglarea tensiunii poate fi făcută de generatoare numai în limitele repartizării puterilor reactive cu aproximație după relația (9).

Pierderile în rețea depind de rezistențele elementelor de rețea (linii, transformatoare; pierderile în elementele transversale se neglijează) și de curenții care circulă în rețea. Într-un element k, avem pierderile

$$p_k = 3\, r_k I_k^2 = 3\, r_k (I_k'^2 + I_k''^2) = r_k \frac{P_k^2 + Q_k^2}{U_k^2},$$

unde

$$\bar{I}_k = I_k' - j I_k''.$$

Curenții din rețea depind de curenții centralelor și ai consumatorilor. Presupunînd că aceștia din urmă variază proporțional între ei și deci și cu curentul total debitat de centrale și de asemenea că toți curenții din centrale sînt în fază, rezultă că I_k poate fi exprimat liniar în funcție de I_1, I_2 ... I_i ... I_n și prin urmare p devine o funcție omogenă de gradul 2 a curenților și deci și a puterilor din centrale (tensiunile fiind aproximativ egale):

$$p = \sum_{i,j} B_{ij} P_i P_j. \tag{10}$$

Din (10) se obține

$$\frac{\partial p}{\partial P_i} = \sum_j B_{ij} P_j, \tag{11}$$

expresie necesară pentru folosirea relațiilor (5), (6) sau (7).

Constantele B din formula de pierderi (10), devenită clasică, au fost amintite la începutul acestei lucrări. Determinarea lor se face prin calcul, pe baza coeficienților de repartizare a curenților, cu mașini de calcul numeric de performanță medie sau mare, sau prin măsurători pe un model special construit [2, 4]. Nu vom insista aici asupra metodelor de calcul, acestea fiind greoaie și lungi și deci vom renunța să prezentăm felul de determinare a coeficienților B în raport cu parametrii rețelei. Vom da însă o demonstrație simplă, foarte generală a relației (10), generalizînd-o și pentru puteri reactive și vom scoate în evidență o semnificație fenomenologică a derivatelor parțiale, ca (11), pentru a putea apoi dezvolta o metodă simplă de rezolvare a ecuațiilor (5) ... (7).

Pierderile sînt o funcție reală, omogenă, de gradul 2 a curenților $\bar{I}_1, \bar{I}_2, \ldots \bar{I}_i, \bar{I}_j \ldots$ precum și a conjugatelor lor $\hat{I}_1, \hat{I}_2, \ldots \hat{I}_i, \hat{I}_j$, dacă aici se consideră toți curenții, și cei de la consumatori. Într-adevăr, dacă toți curenții se măresc de n ori, evident pierderile cresc de n^2 ori. Acest lucru nu este reflectat matematic decît de o funcție omogenă de gradul 2.

Dintre termenii conținînd

$$\bar{I}_i \bar{I}_j,\ \hat{I}_i \hat{I}_j,\ \bar{I}_i \hat{I}_j \text{ și } \hat{I}_i \bar{I}_j,$$

primii doi trebuie eliminați, deoarece produsele se modifică dacă se rotește sistemul de axe de referință. În ultimele două produse apare însă numai diferența de fază a curenților. Fie

$$\bar{b}_{ij} \bar{I}_i \hat{I}_j \text{ și } \bar{b}_{ji} \hat{I} \bar{I}_j \tag{12}$$

expresia completă a acestor termeni, unde

$$\bar{I}_i = I_i \underline{|\alpha_i},$$

$$\bar{I}_j = I_j \underline{|\alpha_j},$$

$$\bar{b}_{ij} = b_{ij} \underline{|\beta_{ij}},$$

$$\bar{b}_{ji} = b_{ji} \underline{|\beta_{ji}}.$$

Suma termenilor (12) nu este pur reală, decît dacă

$$\bar{b}_{ij} = \hat{b}_{ji}.$$

Atunci această sumă devine

$$\bar{b}_{ij} \bar{I}_i \hat{I}_j + \hat{b}_{ij} \hat{I}_i \bar{I}_j = 2\, b_{ij} I_i I_j \cos(\beta_{ij} + \alpha_i - \alpha_j). \tag{13}$$

Pentru ca funcția trigonometrică să nu apară în termenii funcției omogene, este necesar ca $\alpha_i - \alpha_j$ să aibă o valoare oarecare constantă (funcție de i și j), de exemplu 0° sau 90°. Atunci factorul cosinusoidal va putea fi înglobat în coeficientul termenului.

Numai curenții de la generatoare sînt variabile independente. Considerînd α_i, α_j ... precum și curenții de la consumatori constanți, expresia pierderilor va fi de forma

$$p = \sum b_{ij} I_i I_j + \sum c_i I_i + d. \tag{14}$$

Dar curenții de la consumatori nu pot fi constanți, decît dacă și

$$\sum \bar{I}_i = \text{const.} \tag{15}$$

Prin urmare expresia neomogenă (14) are dezavantajul, pe lîngă faptul că conține mulți termeni, că ea trebuie considerată împreună cu relația (15). De asemenea nici interpretarea fenomenologică a coeficienților nu mai este posibilă.

De aceea este esențial ca curenții de la consumatori să varieze proporțional rezultînd posibilitatea exprimării lor prin $\sum \bar{I}_i$ înmulțit cu un coeficient (în general complex). Astfel expresia pierderilor rămîne omogenă și obține pînă la urmă forma (10). Schema rețelei va apare ca în figura 1. Repartitorul asigură, de exemplu cu transformatoare de curent [2], proporționalitatea curenților de la consumatori cu $\sum \bar{I}_i$.

Un caz particular cînd se obține o funcție omogenă pentru pierderi, de forma (10), este acela cînd $\alpha_i = \alpha_j = \ldots$ În prealabil avem:

$$p = \sum b_{ij} I_i I_j. \tag{16}$$

Şi mai interesant este însă cazul cînd se consideră separat componentele active $I_i', I_j' \ldots$ şi cele reactive $I_i'', I_j'' \ldots$ ale curenţilor. Atunci $\alpha_i' - \alpha_j' = 0$, iar $\alpha_i'' - \alpha_j'' = 90°$, etc. Prin urmare expresia pierderilor va fi :

$$p = \sum \left(b_{i'j'} I_i' I_j' + b_{i'j''} I_i' I_j'' + b_{i''j'} I_i'' I_j' + \right.$$
$$\left. + b_{i''j''} I_i'' I_j'' \right), \qquad (17)$$

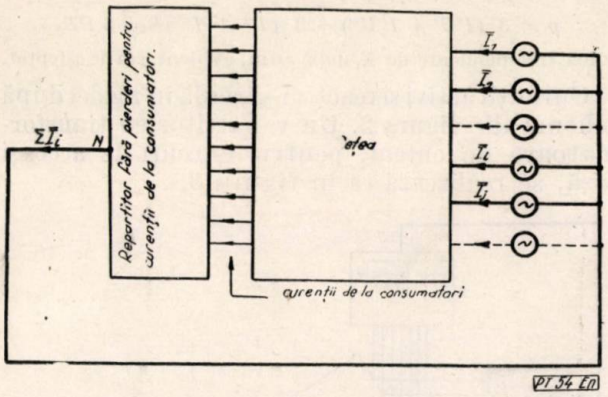


Fig. 1. Schema reţelei cu repartitor pentru curenţi de consum proporţionali cu ΣI_i.

sau trecînd la puteri active şi reactive

$$p = \sum \left(B_{i'j'} P_i P_j + B_{i'j''} P_i Q_j + B_{i''j'} Q_i P_j + \right.$$
$$\left. + B_{i''j''} Q_i Q_j \right). \qquad (18)$$

Rezultă

$$\frac{\partial p}{\partial I_i'} = \sum \left(b_{i'j'} I_j' + b_{i'j''} I_j'' \right), \qquad (19)$$

$$\frac{\partial p}{\partial I_i''} = \sum \left(b_{i''j'} I_j' + b_{i''j''} I_j'' \right), \qquad (20)$$

sau

$$\frac{\partial p}{\partial P_i} = \sum \left(B_{i'j'} P_j + B_{i'j''} Q_j \right), \qquad (21)$$

$$\frac{\partial p}{\partial Q_i} = \sum \left(B_{i''j'} P_j + B_{i''j''} Q_j \right). \qquad (22)$$

Se ştie că în cazul (16) al unei funcţii omogene p de variabile I_i, I_j ... există identitatea

$$p = \frac{1}{2} \sum I_i \frac{\partial p}{\partial I_i} \qquad (23)$$

(căci în (16), pe lîngă termenul $b_{ij} I_i I_j$, mai apare, egal cu el, termenul $b_{ji} I_i I_j$).

Pe de altă parte

$$p = 3 \sum I_i U_i, \qquad (24)$$

unde p reprezintă pierderile pe cele trei faze, iar U_i (mărimi de fază) căderile de tensiune, în fază cu curenţii respectivi I_i (fig. 1), măsurate între punctul de intrare în reţea şi borna comună cu ieşire N (din repartitor; nu un punct real al reţelei, cum apare în [4] şi [5] !)

Comparînd (24) cu (23) rezultă

$$\frac{\partial p}{\partial I_i} = 6 U_i. \qquad (25)$$

Cum

$$I_i \cong \frac{P_i}{3 U_n}$$

(U_n este mărime de fază !) rezultă :

$$\frac{\partial p}{\partial P_i} = 2 \frac{U_i}{U_n} = 2 U_i^*. \qquad (26)$$

Prin urmare $\frac{\partial p}{\partial I_i}$ este de 6 ori căderile de tensiune de fază, iar $\frac{\partial p}{\partial P_i}$ este dublul căderii relative de tensiune.

În cazul relaţiei (17)

$$p = \frac{1}{2} \sum \left(I_i' \frac{\partial p}{\partial I_i'} + I_i'' \frac{\partial p}{\partial I_i''} \right) \qquad (23')$$

[a se vedea observaţia referitoare la relaţia (23)], iar pe de altă parte

$$p = 3 \sum \left(I_i' U_i' + I_i'' U_i'' \right), \qquad (24')$$

unde U_i', U_i'' reprezintă căderile de tensiune în fază cu I_i' respectiv I_i''. Prin urmare, aici

$$\frac{\partial p}{\partial I_i'} = 6 U_i', \qquad (25')$$

$$\frac{\partial p}{\partial I_i''} = 6 U_i'', \qquad (25'')$$

$$\frac{\partial p}{\partial P_i} = 2 U_i'^*, \qquad (26')$$

$$\frac{\partial p}{\partial Q_i} = 2 U_i''^*. \qquad (26'')$$

Relaţiile (26) respectiv (26′) sînt acelea care ne interesează pentru repartizarea optimă a sarcinii active corespunzător relaţiilor (5)...(7), relaţia (9) cu (26″) indică modul de repartizare optimă a sarcinii reactive. Avem deci pentru puterile active :

$$\frac{\frac{\mathrm{d}K_i}{\mathrm{d}P_i}}{1 - 2 U_j'^*} = \lambda, \qquad (27)$$

iar pentru puterile reactive

$$2 U_i''^* = \mu. \qquad (28)$$

Ultima relaţie ne arată că repartizarea optimă a puterii reactive corespunde unor căderi egale de tensiune în direcţia curentului reactiv de la bornele de intrare la borna comună de ieşire MN (din repartitor, figura 1), adică bornele de intrare nu vor prezenta între ele tensiuni în fază cu curenţii reactivi. O linie care uneşte direct două centrale nu va transmite putere reactivă.

Comparînd derivata relației (16) cu (25) sau relațiile (19) și (20) cu (25′) și (25″) se obține

$$\sum b_{ij} I_j = 6 U_i, \qquad (29)$$

respectiv

$$\sum \left(b_{i'j'} I'_j + b_{i'j''} I''_j\right) = 6 U'_i, \qquad (30)$$

$$\sum \left(b_{i''j'} I'_j + b_{i''j''} I''_j\right) = 5 U''_i. \qquad (31)$$

Aceste relații ne arată că coeficienții b se pot determina pe model, prin măsurători de tensiuni, anulînd toți curenții afară de unul. Acest mod de lucru este indicat de exemplu de Edelmann [2]; cunoscînd coeficienții B, se utilizează apoi o altă instalație de calcul pentru determinarea repartiției optime. Noi însă nu vom determina coeficienții b sau B, ci vom lucra direct pe model, pe baza relațiilor (27) și (28) pentru determinarea repartiției optime a puterilor.

Modelul de calcul propus aici cuprinde modelul rețelei format din rezistențe ohmice, fără reactanțe, pentru următorul motiv :

Căderea de tensiune pe o impedanță $\bar{Z}$ este

$$(I' - \mathrm{j}\, I')(R + \mathrm{j}\, X) = (I'R + I''X) - \mathrm{j}\,(I''R - I'X).$$

Componenta longitudinală

$$U' = I'R + I''X, \qquad (32)$$

în fază cu I', precum și componenta transversală

$$U'' = I''R - I'X, \qquad (33)$$

în fază cu I'', cuprind fiecare cîte un termen și anume cel de al doilea din expresia lor, care reprezintă influența curentului defazat cu 90° (I'' în cazul lui U' și I' în cazul lui U'') datorită existenței reactanței X în circuit. Cu alte cuvinte numai în lipsa reactanței căderile de tensiune vor fi rezultanta numai a curenților respectivi. În lipsa reactanței coeficienții $b_{i'j''}$ și $b_{i''j'}$ din (19), (20), (30) și (31) respectiv $B_{i'j''}$ și $B_{i''j'}$ din (21) și (22) vor fi nuli, iar cele două sisteme de mărimi electrice, adică

— cele longitudinale : curenții activi și căderile longitudinale,

— și cele transversale : curenții reactivi și căderile transversale se vor putea suprapune, fără să se influențeze reciproc.

În realitate însă rețeaua conține reactanțe. Pentru a putea folosi un model din rezistențe, rețeaua reală va trebui presupusă cu același raport $\frac{X}{R}$ la elementele longitudinale. Această ipoteză a fost deja pusă în discuție la începutul lucrării, cu concluzia că ea este pe deplin acceptabilă.

Prin înlocuirea rețelei cu raportul $\frac{X}{R}$ = const. cu o rețea fără reactanțe, nu se schimbă circulația curenților, toate căderile de tensiune însă se rotesc înapoi cu $\psi = \operatorname{arc\,tg} \frac{X}{R}$, ajungînd în fază cu curenții, așa cum s-a propus să se realizeze. Valoarea căderilor de tensiune depinde evident de scara aleasă pentru curenții și rezistențele modelului. Dacă s-ar anula pur și simplu reactanța X, atunci în loc de $U' = I'R + I''X$ s-ar obține $I'R$ adică o mărime de

$$\frac{I'R + I''X}{I'R} = 1 + \frac{I''}{I'} \cdot \frac{X}{R}$$

ori mai mică, iar în loc de $U'' = I''R - I'X$ s-ar obține $I''R$ adică o mărime de

$$\frac{I''R - I'X}{I''R} = 1 - \frac{1}{I''/I'} \cdot \frac{X}{R}$$

ori mai mică.

Prin urmare modelul cu rezistențe nu redă proporțional cele două componente ale căderilor de tensiune.

Totuși, și acest lucru trebuie subliniat, prin anularea reactanțelor (și deci a coeficienților respectivi b sau B) pierderile nu se modifică. Într-adevăr, pierderile pe un element vor fi, ținînd seama de (32) și (33) :

$$p = 3\ (I'U' + I''U'') = 3\ (I'^2 + I''^2)R = 3\ I^2 R,$$

adică independente de X, după cum, evident, era de așteptat.

Curenții activi și reactivi circulă în model după schema din figura 2. Un repartitor cu transformatoare de curent, pentru curenți de aceeași fază, se realizează ca în figura 3.

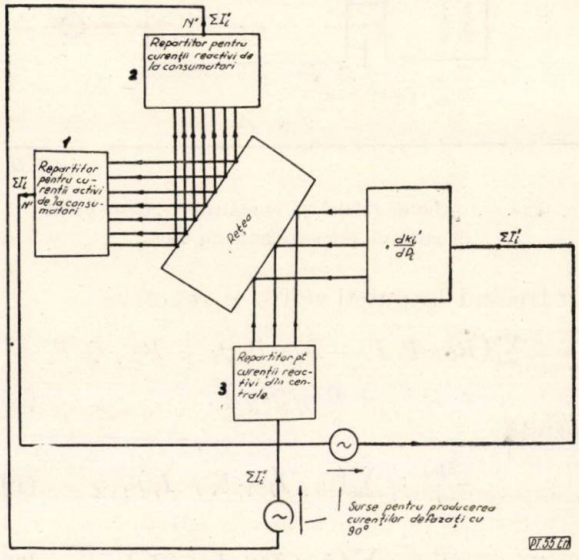


Fig. 2. Schema bloc a modelului de calcul.

Un repartitor cu rapoarte de repartizare complexe se realizează ca în figura 4 (vezi și [2]).

Curentul $\Sigma \bar{I}_i$ se descompune în nodul β într-un dispozitiv special A fără pierderi, în două componente perpendiculare $\Sigma I'_i$ și $\Sigma I''_i$ ($\Sigma \bar{I}_i = \Sigma I'_i - \mathrm{j}\, \Sigma I''_i$). Aceste componente străbat înfășurarea secundară și terțiară a transformatoarelor de curent cu trei înfășurări TC, iar în nodul α se descompun în $\bar{I}_1 \ldots \bar{I}_4$, corespunzător cu rapoartele de transformare ale

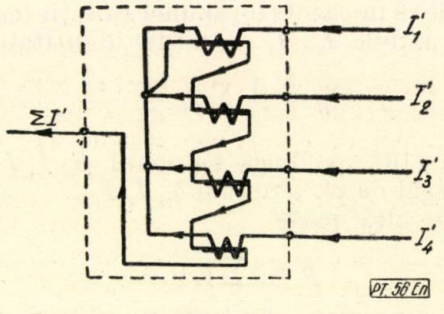


Fig. 3. Repartitor cu transformatoare de curent pentru curenți de aceeași fază.

transformatoarelor TC, ale căror înfășurări primare sînt parcurse de $\bar{I}_1 \ldots \bar{I}_4$.

Repartitorul din figura 4 corespunde schemei din figura 1, avînd o singură bornă de ieșire N. El poate fi folosit pentru determinarea

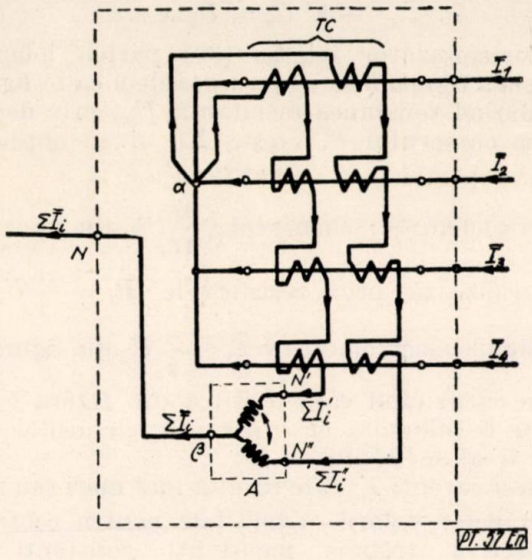


Fig. 4. Repartitor cu rapoarte complexe de repartizare.

constantelor B [2] și în general a căderilor de tensiune în fază cu curenții $\bar{I}_i$, deci a derivatelor $\frac{\partial p}{\partial I_i}$. În cazul nostru însă, un repartitor ca cel din figura 3, respectiv *1* și *2* din figura 2, ar corespunde pentru a măsura separat căderile de tensiune longitudinale U_i' (între bornele de intrare în rețea și borna de ieșire N' din repartitorul *1*) și transversale U_i'' (între bornele de intrare în rețea și borna de ieșire N'' din repartitorul *2*).

În locul repartitoarelor cu transformatoare de curent se pot folosi rezistențe mari, care determină valoarea curenților. Soluția este simplă, însă aceste repartitoare nu sînt fără pierderi și astfel nu apare o bornă de ieșire N' respectiv N'' pentru determinarea căderilor de tensiune U_i' și U_i''. Va exista numai fictiv o asemenea bornă, reprezentată prin potențialul bornei de ieșire a unui repartitor fără pierderi, potențial reprezentat într-un plan în care se reprezintă potențialele diferitelor puncte din model (figura 15). Cum totuși tensiunile U_i' și U_i'' există (însă față de un nul fictiv și deci nu se pot măsura) folosirea rezistențelor este corespunzătoare pentru realizarea modelului pe care-l prezentăm. Rezultă schema modelului din figura 5, un caz particular al figurii 2.

Tensiunile celor două surse din figură nu sînt exact la 90°; ceea ce se controlează este defazajul de 90° al curenților $\Sigma I_i'$, $\Sigma I_i''$. Nici curenții din rezistențele *1*, *2* sau *3* nu sînt exact în fază. Defazajul lor este însă mic și poate fi redus oricît de mult, luînd rezistențe suficient de mari.

Prin faptul că repartitorul *3* asigură pentru punctele de intrare în rețea, corespunzător relației (28), potențiale care nu diferă transversal, ci numai longitudinal, rezultă că curenții activi de intrare (de la centrale) vor fi în fază chiar dacă elementul de model notat cu „$\frac{dK_i}{dP_i}$" prezintă căderi relativ mici de tensiune. Prin urmare, acesta nu trebuie să cuprindă neapărat rezistențe mari.

Controlul componentei transversale a diferențelor potențialelor punctelor de intrare se poate face de exemplu cu un instrument electrodinamic, cu o bobină parcursă de un curent reactiv, de exemplu $\Sigma I_i''$. Acest instrument va fi sensibil numai la tensiuni transversale aplicate. Tensiunile se pot eventual măsura în raport cu un potențial mediu al celor de intrare, artificial creat. Eventual se măsoară direct cu un voltmetru de precizie tensiunile punctelor de intrare față de punctul A din figura 5.

Elementul „$\frac{dK_i}{dP_i}$" trebuie să asigure repartizarea curenților activi de la centrale conform relației (27). Raportul $\frac{dK_i}{dP_i}$ este obișnuit funcție crescătoare de I_i', figura 6. Curba poate fi înlocuită în general cu o dreaptă, D_i. Înclinația acestei drepte nu este în general mare. Dreapta pornește, la abscisă zero, din punctul cu ordonata A_i. O poziție mijlocie a punctelor A_i de pe diferite caracteristici D_i a fost notată cu A_{med} (costul mijlociu al unității de energie electrică produsă). Ordonata într-un punct al dreptei D_i va fi

$$\frac{dK_i}{dP_i} = A_i + C_i I_i' = A_{med}\left(1 + \frac{A_i - A_{med}}{A_{med}} + \right.$$

$$\left. + \frac{C_i}{A_{med}} I_i'\right) = A_{med}\,(1 + \varepsilon_i + c_i I_i'), \qquad (34)$$

unde

$$\varepsilon_i = \frac{A_i - A_{med}}{A_{med}}, \qquad c_i = \frac{C_i}{A_{med}}. \qquad (35)$$

În paranteza din (34) termenii ε_i și $c_i I_i'$ sînt mici în raport cu 1. În plus și termenul $2\,U_i''^*$ din (27) este mic în raport cu 1. Înlocuind deci (35) în (27) se obține

$$\frac{A_{med}\,(1 + \varepsilon_i + c_i I_i')}{1 - 2U_i''^*} = A_{med}\,(1 + \varepsilon_i + c_i I_i' + \\ + 2\,U_i''^*) = \lambda, \qquad (36)$$

sau

$$\frac{1}{2} + U_i^* + \frac{c_i I_i'}{2} + \frac{\varepsilon_i}{2} = \lambda', \qquad (37)$$

unde

$$\lambda' = \frac{\lambda}{2 A_{med}} \qquad (38)$$

este fără dimensiuni.

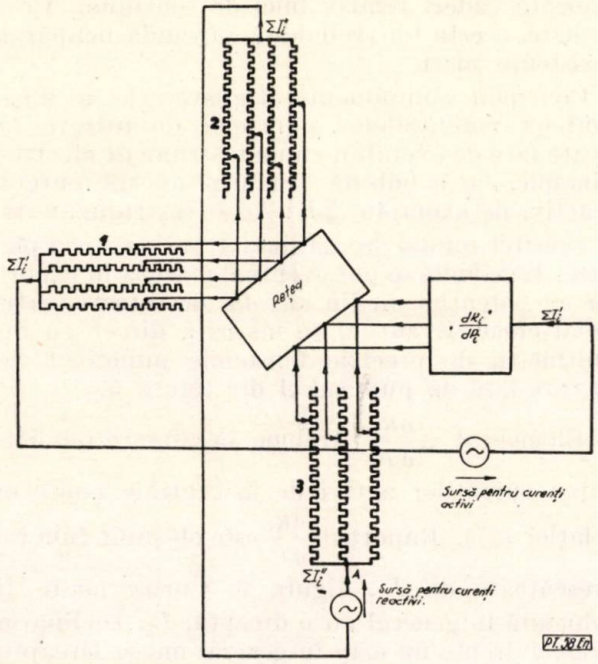


Fig. 5. Model de calcul cu repartitor cu rezistențe mari.

Creșterea specifică de cheltuieli λ din relația (36) include și costul pierderilor în rețea, prin ultimul termen din paranteză.

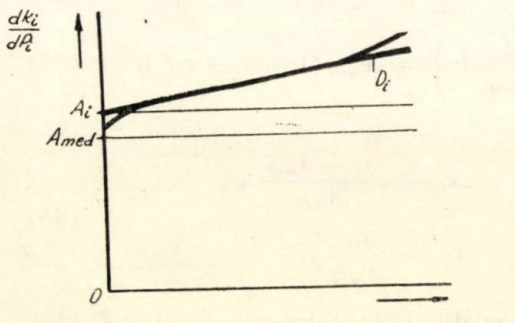


Fig. 6. Variația creșterii specifice de cheltuieli la o centrală funcție de curent activ.

Toți termenii din relația (37) reprezintă tensiuni (sau pierderi, la I_i egal cu curentul de bază) în unități relative, adică raportate la U_n (respectiv la puterea de bază).

Înmulțind (37) cu U_n și adunînd o tensiune constantă U_c în ambii membri ai relației, se obține

$$U_c + \frac{U_n}{2} + U_i' + \left(\frac{c_i}{2} U_n\right) I_i' + \frac{\varepsilon_i}{2} U_n = U_c + \\ + \lambda' U_n = U_k . \qquad (39)$$

Corespunzător relației (39) partea longitudinală a figurii 5 se va prezenta deci ca în figura 7. Mărind tensiunea rezultantă U_k, prin deplasarea cursorului C, crește $\Sigma I_i'$ și se obține o nouă repartizare a curenților I_i'.

În concluzie : elementul „$\frac{dK_i}{dP_i}$" din figura 5 se realizează prin rezistențele $R_i = \frac{c_i}{2} U_n$ și tensiunile electromotoare $E_i = \frac{\varepsilon_i}{2} U_n$ din figura 7.

În cazul cînd caracteristica din figura 6 nu poate fi înlocuită cu o dreaptă, elementele R_i pot fi alese neliniare.

Acei curenți I_i' care rezultă mai mari sau mai mici decît valorile admisibile pentru centrala respectivă trebuie menținuți constanți în timpul determinării repartiției optime (de exemplu I_i' din fig. 7). De aceea schema se completează cu rezistențe alimentate la o tensiune suficient de ridicată, de exemplu din A (în figura 7 s-a reprezentat punctat rezistența pentru curentul I_i' menținut constant).

Exemplu numeric. Fie doi consumatori, α și β, alimentați prin linii de 110 kV, Ol—Al 150 mm² ($R_0 = 0{,}2\ \Omega$/km) din două centrale *1* și *2*, conform figurii 8. Admițînd 105 kV la consumatori au rezultat curenții trecuți în paranteză. Admițînd scările de

$$\begin{array}{l} 100\text{A} \rightarrow 1\ \text{A}, \\ 10\ \Omega \rightarrow 1\ \Omega, \\ \hline 1\ \text{kV} \rightarrow 1\ \text{V}, \\ 1\ \text{MW} \rightarrow 10\ \text{W}, \end{array}$$

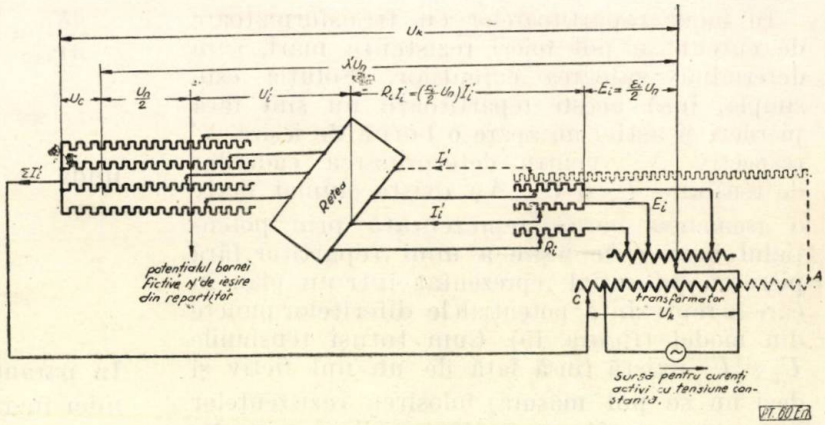


Fig. 7. Realizarea repartizării optime între centrale a curenților activi.

rezultă schema din figura 9. Aici coeficienții α și β indică cota din curentul total, activ sau reactiv, care revine nodului respectiv. Repartizarea curenților în fracțiunile α și β, unde

$$\alpha + \beta = 1 \qquad (40)$$

se poate asigura cu un transformator, ca în figura 10. Punctul de ieşire N va rezulta, considerînd egalitatea amperspirelor celor două înfăşurări, de un potenţial mai apropiat al acelui punct α sau β, unde curentul (I_α sau I_β) este mai mare. Potenţialul lui N se va considera zero.

În figura 11 s-a indicat circulaţia curenţilor. Prin rezistenţa r_3 curge

$$I_1 - \alpha (I_1 + I_2) = (1 - \alpha) I_1 - \alpha I_2 = \beta I_1 - \alpha I_2.$$

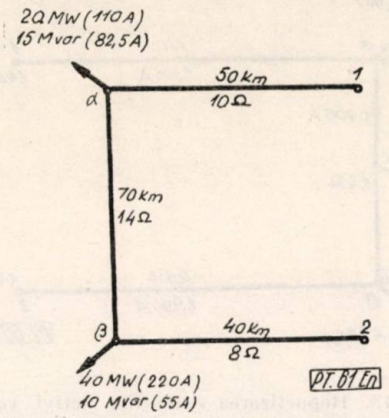


Fig. 8. Reţeaua reală.

Pierderile pe o fază vor fi:

$$\frac{p}{3} = r_1 I_1^2 + r_2 I_2^2 + r_3 (\beta I_1 - \alpha I_2)^2 = (r_1 + \beta^2 r_3) I_1^2 + (r_2 + \alpha^2 r_3) I_2^2 - 2 \alpha \beta r_3 I_1 I_2 \qquad (41)$$

Corespunzător relaţiei (25) avem, ţinînd seama de (41):

$$U_1 = \frac{1}{6} \frac{\partial p}{\partial I_1} = (r_1 + \beta^2 r_3) I_4 - \alpha \beta r_3 I_2, \qquad (42)$$

$$U_2 = \frac{1}{6} \frac{\partial p}{\partial I_2} = (r^2 + \alpha^2 r_3) I_2 - \alpha \beta r_3 I_1. \qquad (43)$$

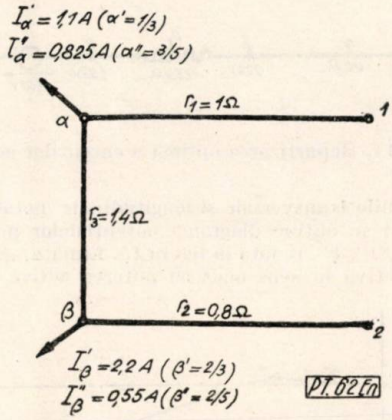


Fig. 9. Reţeaua la scară redusă.

Se poate verifica că U_1 şi U_2 reprezintă potenţialele punctelor de intrare faţă de punctul comun de ieşire N.

Avem

$$U_\alpha = \beta U_{\alpha\beta} = \beta r_3 (\beta I_1 - \alpha I_2),$$

$$U_\beta = - \alpha U_{\alpha\beta} = - \alpha r_3 (\beta I_1 - \alpha I_2).$$

Prin urmare

$$U_1 = U_\alpha + r_1 I_1 = (r_1 + \beta^2 r_3) I_1 - \alpha \beta r_3 I_2,$$

$$U_2 = U_\beta + r_2 I_2 = (r_2 + \alpha^2 r_3) I_2 - \alpha \beta r_3 I_1,$$

după cum ne-am aşteptat.

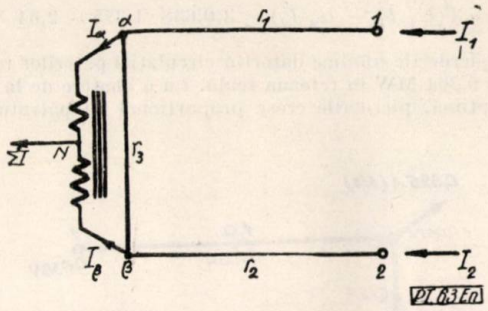


Fig. 10. Realizarea repartitorului fără pierderi.

În cazul curenţilor activi, cu valorile din figura 9 se obţine din (42) şi (43):

$$\left.\begin{aligned} U'_1 &= \left(1 + \left(\frac{2}{3}\right)^2 1{,}4\right) I'_1 - \frac{1}{3} \cdot \frac{2}{3} \cdot 1{,}4\, I'_2 = \\ &= 1{,}622\, I'_1 - 0{,}311\, I'_2, \\ U'_2 &= \left(0{,}8 + \left(\frac{1}{3}\right)^2 1{,}4\right) I'_2 - \frac{1}{3} \cdot \frac{2}{3} \cdot 1{,}4\, I'_1 = \\ &= 0{,}956\, I'_2 - 0{,}311\, I'_1 \end{aligned}\right\} \qquad (44)$$

iar în cazul curenţilor reactivi:

$$\left.\begin{aligned} U''_1 &= \left(1 + \left(\frac{2}{5}\right)^2 1{,}4\right) I''_1 - \frac{3}{5} \cdot \frac{2}{5} \cdot 1{,}4\, I''_2 = \\ &= 1{,}224\, I''_1 - 0{,}336\, I''_2, \\ U''_2 &= \left(0{,}8 + \left(\frac{3}{5}\right)^2 1{,}4\right) I''_2 - \frac{3}{5} \cdot \frac{2}{5} \cdot 1{,}4\, I''_1 = \\ &= 1{,}304\, I''_1 - 0{,}336\, I''_1. \end{aligned}\right\} \qquad (45)$$

Repartiţia optimă a curenţilor reactivi se obţine punînd:

$$U''_1 = U''_2$$

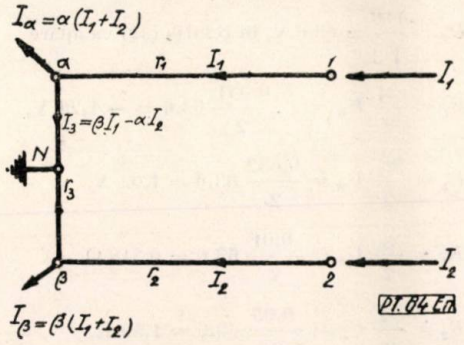


Fig. 11. Circulaţia curenţilor în cazul general.

şi ţinînd seama de condiţia:

$$I''_1 + I''_2 = I''_\alpha + I''_\beta = 1{,}375 \text{ A}.$$

Se obține

$$\left.\begin{aligned} I_1'' &= 0{,}705 \text{ A}, \\ I_2'' &= 0{,}670 \text{ A} \end{aligned}\right\} \quad (46)$$

și repartiția curenților și a tensiunilor din figura 12. Puterea de pierderi pe model este

$$p = 3\,(U_1'' I_1'' + U_2'' I_2'') = 3.0{,}638 \cdot 1{,}375 = 2{,}64 \text{ W},$$

adică, pierderile minime datorită circulației puterilor reactive sînt de 0,264 MW în rețeaua reală. La o abatere de la repartiția optimă, pierderile cresc proporțional cu pătratul abaterii.

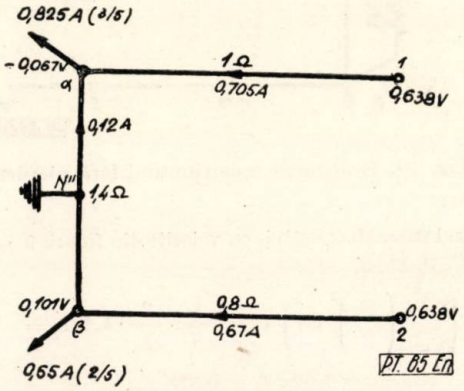


Fig. 12. Repartizarea optimă a curenților reactivi.

În cazul curenților activi condițiile

$$U_1' = U_2'$$

și

$$I_1' + I_2' = I_\alpha' + I_\beta' = 3{,}3 \text{ A}$$

dau

$$\left.\begin{aligned} I_1' &= 1{,}306 \text{ A} \cong 1{,}3 \text{ A}, \\ I_2' &= 1{,}994 \text{ A} \cong 2 \text{ A}, \end{aligned}\right\} \quad (47)$$

corespunzător pierderilor minime în rețea (fig. 13), dar nu potrivit cheltuielilor totale minime. Acestea se obțin cunoscînd caracteristicile (34) pentru cele două centrale. Admitem, pentru centralele *1* și *2*:

$$\begin{aligned} \varepsilon_1 &= -0{,}041, & c_1 &= 0{,}01 \text{ A}^{-1}, \\ \varepsilon_2 &= 0{,}032, & c_2 &= 0{,}05 \text{ A}^{-1}. \end{aligned} \quad (48)$$

Cum $U_n' = \dfrac{110}{\sqrt{3}} = 63{,}6$ V, în relația (39) va apare

$$\begin{aligned} E_1 &= \frac{\varepsilon_1}{2} U_n = -\frac{0{,}041}{2} 63{,}6 = -1{,}28 \text{ V}, \\ E_2 &= \frac{\varepsilon_2}{2} U_n = \frac{0{,}032}{2} 63{,}6 = 1{,}02 \text{ V}, \\ R_1 &= \frac{c_1}{2} U_n = \frac{0{,}01}{2} 63{,}6 = 0{,}318\ \Omega, \\ R_2 &= \frac{c_2}{2} U_n = \frac{0{,}05}{2} 63{,}6 = 1{,}59\ \Omega. \end{aligned} \quad (49)$$

Scriind o egalitate pe baza relației (39) cu $i = 1$ în membrul stîng și $i = 2$ în cel drept, se obține

$$U_1' + R_1 I_1' + E_1 = U_2' + R_2 I_2' + E_2, \quad (50)$$

iar cu (44) și (49), rezultă din (50):

$$\begin{aligned} &1{,}622\, I_1' - 0{,}311\, I_2' + 0{,}318\, I_1' - 1{,}28 = \\ &= 0{,}956\, I_2' - 0{,}311\, I_1' + 1{,}59\, I_2' + 1{,}02. \end{aligned}$$

Cum

$$I_1' + I_2' = 3{,}3 \text{ A},$$

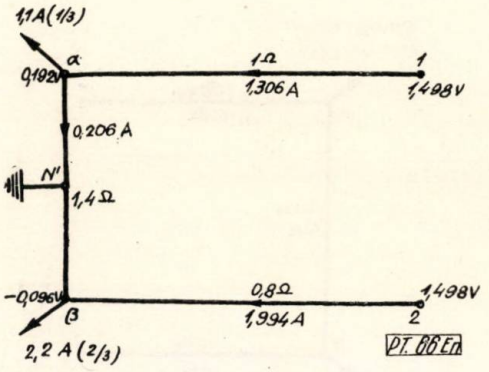


Fig. 13. Repartizarea curenților activi corespunzător pierderilor minime în rețea.

se obține, pentru valorile optime ale curenților activi

$$\begin{aligned} I_1' &= 2{,}3 \text{ A}, \\ I_2' &= 1 \text{ A}. \end{aligned} \quad (51)$$

Schema corespunzătoare ecuației (50) cu valorile (49), cu repartizarea optimă a curenților și tensiunile corespunzătoare, este redată în figura 14.

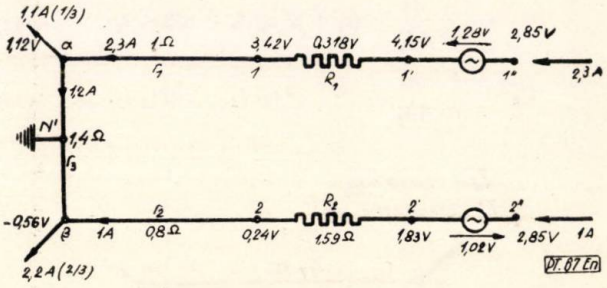


Fig. 14. Repartizarea optimă a curenților activi.

Cu tensiunile transversale și longitudinale notate în figurile 12 și 14 se obține diagrama potențialelor punctelor α, β, *1*, *2*, *I'*, *2'*, *1''*, *2''*, redată în figura 15. Linia α—β transmite putere inductivă în sens opus cu puterea activă transmisă.

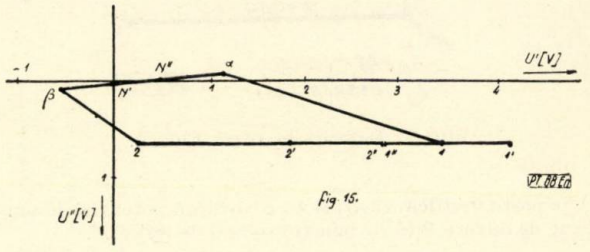


Fig. 15. Diagrama potențialelor nodurilor modelului.

Eficacitatea repartizării optime a puterilor poate fi stabilită prin determinarea creșterii

ΔK a cheltuielilor totale de producere a energiei din sistem, la o abatere a curenților de la valorile optime date, în cazul exemplului considerat, de (51) și (46). Cum suma curenților este constantă, rezultă pentru abateri:

$$\Delta I_1'' = -\Delta I_1', \quad dI_2' = -dI_1',$$
$$\text{și} \qquad (52)$$
$$\Delta I_2'' = -\Delta I_1'', \quad dI_2'' = -dI_1''.$$

Creșterea specifică de cheltuieli, incluzînd și costul pierderilor în rețea este dată de λ din relația (36), pentru puterile active. Prin urmare, dacă raportăm creșterea de cheltuieli la o creștere a curentului, se obține

$$\frac{dK_1}{dI_1'} = 3U_n\lambda_1,$$
$$(53)$$
$$\frac{dK_2}{dI_2'} = 3U_n\lambda_2.$$

Rezultă, ținînd seama și de (52):

$$\Delta K' = \int_0^{\Delta I_1'} (dK_1 + dK_2) = 3\int_0^{\Delta I_1'} U_n(\lambda_1 - \lambda_2)dI_1' \quad (54)$$

În relația (54) $U_n(\lambda_1 - \lambda_2)$ reprezintă, corespunzător relației (36), dublul diferenței de potențial $\Delta U'$ între bornele *1* și *2*, înmulțită cu A_{med}. Prin urmare

$$\Delta K' = 3 \cdot 2\, A_{med} \int_0^{\Delta I_1'} \Delta U' dI_1'. \quad (55)$$

Această diferență de potențial apare numai odată cu $\Delta I_1'$ și este proporțională cu acesta (fig. 14):

$$\Delta U' = (r_1 + r_2 + r_3 + R_1 + R_2)\,\Delta I_1'. \quad (56)$$

Înlocuind (56) în (55) și efectuînd integrarea se obține

$$\Delta K' = A_{med.}\, 3\,\Delta I_1'^2 \sum (r + R). \quad (57)$$

Prin urmare, creșterea de cheltuieli, la modificarea puterilor active, corespunde creșterii de pierderi în modelul completat cu rezistențele R_1, R_2, datorită curentului de abatere $\Delta I_1'$ de la valoarea optimă. $\Delta K'$ se poate raporta la cheltuielile totale, date de

$$K_n = A_{med.}\, P_n = A_{med.}\, 3\, U_n (I_1' + I_2'). \quad (58)$$

Rezultă

$$\Delta K'^{\star} = \frac{\Delta K'}{K_n} = \frac{\Sigma(r + R)}{U_n(I_1' + I_2')} \Delta I_1'^2, \quad (59)$$

egal deci cu pierderile relative de putere prin efect Joule-Lenz pe $\Sigma(r + R)$.

În cazul concret considerat, obținem:

$$\Delta K'^{\star} = \frac{1 + 1{,}4 + 0{,}8 + 0{,}318 + 1{,}59)}{63{,}6 \cdot 3{,}3} \Delta I_1'^2 = 0{,}0243\ \Delta I_1'^2. \quad (60)$$

În cazul puterilor reactive se obține direct, analog cu (57) și (59):

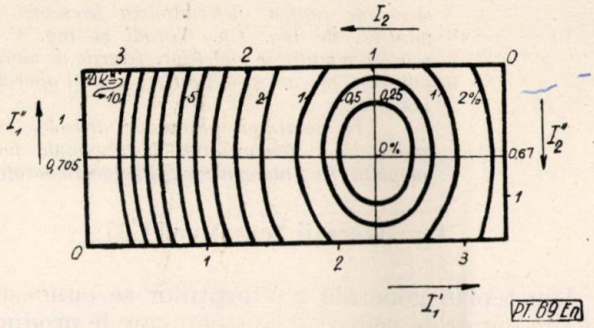


Fig. 16. Curbe cu creșteri $\Delta K^{\star}$ constante (în %) ale cheltuielilor totale față de cele minime, la abateri ale curenților de la valorile lor optime.

$$\Delta K'' = A_{med.}\, 3\,\Delta I_1''^2 \sum r, \quad (61)$$

$$\Delta K''^{\star} = \frac{\Delta K''}{K_n} = \frac{\Sigma r}{U_n(I_1' + I_2')}\ \Delta I_1''^2. \quad (62)$$

Numeric:

$$\Delta K''^{\star} = \frac{1 + 1{,}4 + 0{,}8}{63{,}6 \cdot 3{,}3} \Delta I_1''^2 = 0{,}01525\ \Delta I_1''^2. \quad (63)$$

Din (60) și (63) se obține creșterea totală a cheltuielilor:

$$\Delta K^{\star} = \Delta K'^{\star} + \Delta K''^{\star} = 0{,}0243\ \Delta I_1'^2 + 0{,}01525\ \Delta I_1''^2. \quad (64)$$

Pentru $\Delta K^{\star} = \text{const.}$ se obțin elipse în planul curenților I_i', I_i'' (figura 16). Se observă că mai ales abaterile de la valorile optime ale curenților activi pot mări sensibil cheltuielile totale de producere a energiei electrice. În sistemul considerat, de 60 MW, chiar $\Delta K^{\star} = 0{,}25\%$ înseamnă 150 kW, ceea ce la 5 000 de ore de utilizare pe an, reprezintă 750 000 kWh, iar cu 0,1 lei/kWh înseamnă 75 000 lei cheltuieli suplimentare anual.

Bibliografie

[1] Vámos T., Borovszky Z.: *Gazdaságos teherelosztás gépi számitása* (Calculul mecanizat al repartizării optime a sarcinei), Elektrotechnika, R.P.U., nr. 8–9 din 1959, p. 358–369.

[2] Edelman H: *Verlustformel für ein Verbundnetz und Ausmessung der Verlustkoeffizienten*, ETZ, A, nr. 16 din 1958, p. 561–567.

[3] Szendy K: *Szempontok az országos hálózat kialakitására* (Puncte de vedere privind realizarea rețelei naționale), Elektrotechnika, R.P.U., nr. 4 – 6 din 1958, p. 154–165.

[4] Moscalev A. G.: *Avtomaticescoe regulirovanie rejima energheticescoi sistemi po ciastote i activnoi moşnosti* Gosenergoizdat, Moscova, Leningrad, 1960.

[5] Markovici I. M: *Sisteme energetice*, Editura Tehnică, București, 1960 (carte)

Folosirea fenomenului de rezonanță la măsurarea vibrațiilor paletelor turbinelor cu abur sau gaze

Ing. *D. BREBENEL*

În revista Energetica nr. 3/1960, au fost publicate articolele „Cîteva aspecte privind problema vibrațiilor la paletele turbinelor cu abur" de ing. Brebenel Dumitru și „Un aparat electronic pentru determinarea frecvenței paletelor turbinelor cu abur prin metoda rezonanței", de ing. Ch. Varadi și ing. V. Vlădeanu, articole în care s-au expus printre altele: cauzele vibrațiilor paletelor, felurile de vibrații ale paletelor, metodele de măsurare a vibrațiilor paletelor, precum și o descriere a unui aparat electronic construit în vederea măsurării vibrațiilor paletelor.

În continuarea acestor articole, se analizează în cele ce urmează, aspectul fizico-matematic al fenomenului de rezonanță folosit în metoda de măsurare a vibrațiilor paletelor adoptată de Întreprinderea Energo-Reparații București.

1. Considerații teoretice [1,2]

Din teoria generală a vibrațiilor se cunoaște că din punct de vedere al cauzelor care le produc, mișcările oscilatorii se pot clasifica după cum urmează:

a) Vibrații proprii sau libere, care au loc în urma unui impuls inițial, după care sistemul oscilant nu mai primește energie.

b) Vibrații forțate, care au loc sub efectul unei forțe periodice exterioare, independente de sistemul oscilant.

c) Vibrații parametrice, produse de o variație cauzată din exterior, a unui parametru al oscilației (masa, constanta elastică etc.). Ele se deosebesc de vibrațiile forțate prin aceea că la acestea parametrii sistemului rămîn invariabili.

d) Vibrațiile autoexcitate, care sînt întreținute de o cauză interioară a sistemului sau exterioară.

Deoarece în cazul paletelor turbinelor cu abur care funcționează în centralele electrice, se întîlnesc mai ales vibrații de primul și al doilea tip, acestea vor forma obiectul cercetării ce urmează;

1.1. *Vibrația liberă amortizată.* După cum se știe [3, 4], dacă se prinde piciorul unei palete într-o menghină, iar capătul celălalt al paletei se îndepărtează din poziția de echilibru, prin eliberarea acestuia, paleta va începe să vibreze liber amortizat.

Ecuația diferențială a unei astfel de mișcări este

$$\ddot{x} + 2n\dot{x} + p^2x = 0 \qquad (1)$$

unde s-a notat:

x — elongația la un moment dat;

$2n = \frac{h}{m}$ unde h este un factor de proporționalitate al amortizării iar m masa paletei;

$p = \sqrt{\frac{k}{m}}$ este pulsația mișcării iar k constanta elastică.

Rezolvarea ecuației (1) duce la o soluție de forma:

$$x = a \cdot e^{-nt} \cdot \sin(p_1 t + \varphi). \qquad (2)$$

a cărei reprezentare grafică se poate vedea în fig. 1.

Din examinarea fig. 1 și a formulei (2) se vede că amplitudinea acestei vibrații scade continuu. Perioada mișcării amortizate este:

$$T_1 = \frac{2\pi}{p_1}, \qquad (3)$$

iar pulsația ei:

$$p_1 = \sqrt{p^2 - n^2}. \qquad (4)$$

Din cele de mai sus, reiese că amortizarea produce o scădere a pulsației proprii, de la p la p_1, respectiv o creștere a perioadei de la T la T_1. Cînd n este mic, cum este în realitate, diferența dintre p și p_1 este foarte mică. În general o amortizare slabă produce o scădere foarte mică a pulsației proprii.

Un indiciu asupra intensității amortizării este dat de raportul a două amplitudini succesive, al cărei logaritm natural

$$\delta = \ln \frac{x_1}{x_2}, \qquad (5)$$

poartă denumirea de decrement logaritmic.

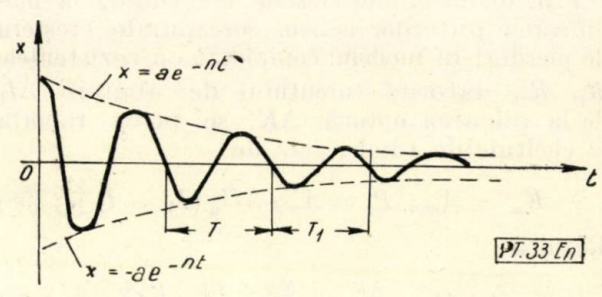


Fig. 1.

În cazul paletelor acest decrement are un rol foarte important, deoarece capacitatea de amortizare a metalului, adică capacitatea de a

disipa energia odată cu tranformarea oscilațiilor în deformații plastice, se caracterizează tocmai prin micșorarea amplitudinei vibrației după o durată de timp egală cu o perioadă.

Cu cît decrementul este mai mare, cu atît capacitatea de amortizare a metalului va fi mai mare și cu atît mai puține sînt șansele ca la rezonanță solicitările să atingă valori ridicate.

1.2. *Vibrații forțate cu amortizare.* Acest fel de vibrații se întîlnește de fapt în practică la paletele turbinelor cu abur montate în centralele electrice. Ecuația diferențială a acestei mișcări este :

$$\ddot{x} + 2n\dot{x} + p^2 x = \frac{F}{m} \sin \omega t \qquad (6)$$

În această ecuație, termenul $\frac{F}{m} \sin \omega t$ reprezintă forța sinusoidală exterioară sistemului ce vibrează și care întreține vibrația. Soluția generală a ecuației (6) este :

$$x = e^{-nt} \cdot a \sin (p_1 t + \varphi) + A \sin (\omega t - \alpha) \qquad (7)$$

unde α este faza dată de :

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{2n\omega}{p^2 - \omega^2}, \qquad (8)$$

iar :

$$A = \frac{F}{m} \cdot \frac{1}{\sqrt{(p^2 - \omega^2)^2 + 4n^2 \omega^2}} \cdot \qquad (9)$$

După cum se poate observa, primul termen din membrul al doilea al ecuației (7) reprezintă vibrația proprie amortizată, iar al doilea vibrația forțată.

Întrucît vibrația proprie se amortizează după scurt timp, se va examina în continuare numai vibrația forțată neamortizată :

$$X_1 = A \sin (\omega t - \alpha) =$$

$$= \frac{F}{m} \frac{1}{\sqrt{(p^2 - \omega^2)^2 + 4n^2 \omega^2}} \sin (\omega t - \alpha). \qquad (10)$$

Amplitudinea acestei vibrații se mai scrie :

$$A = \frac{F}{K} \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{\omega^2}{p^2}\right)^2 + \left(\frac{2n}{p}\right)^2 \left(\frac{\omega}{p}\right)^2}}, \qquad (11)$$

Dacă se notează cu :

$$\frac{F}{K} = x_s, \qquad (12)$$

care reprezintă deformația statică produsă de forța constantă F aplicată elementului elastic și dacă se definește factorul de amplificare :

$$A_0 = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{\omega^2}{p^2}\right)^2 + \left(\frac{2n}{p}\right)^2 \left(\frac{\omega}{p}\right)^2}}, \qquad (13)$$

atunci amplitudinea vibrației forțate se mai poate scrie :

$$A = x_s \cdot A_0. \qquad (14)$$

În figura 2 se reprezintă factorul de amplificare A_0 în funcție de raportul ω/p pentru diferite amortizări $2n/p$.

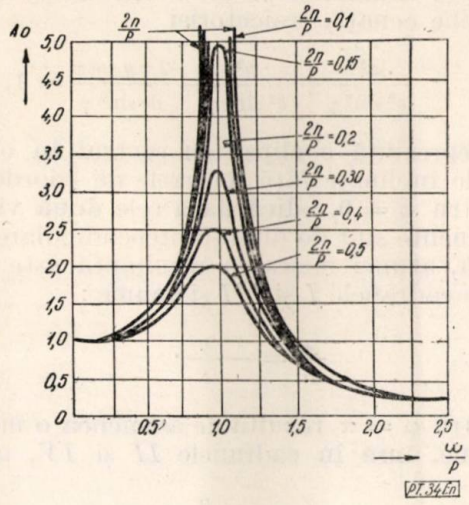


Fig. 2

Din examinarea acestei diagrame se desprind următoarele :

a) Amplitudinea maximă a vibrației sistemului se obține la :

$$\omega = p \qquad (15)$$

cînd are loc fenomenul de rezonanță.

b) Numai în jurul punctului de rezonanță și anume în zona :

$$0{,}5 < \frac{\omega}{p} < 2, \qquad (16)$$

amplitudinile sînt mari, în timp ce în restul intervalului acestea sînt mult mai mici.

c) Amortizarea atenuează efectul rezonanței cu atît mai mult cu cît coeficientul de amortizare este mai mare.

1.3. *Compunerea a două vibrații.* Deoarece în practica măsurătorilor de vibrații bazate pe fenomenul de rezonanță, intervine și compunerea a două vibrații, se va examina în cele ce urmează și această problemă din punct de vedere teoretic.

De asemenea, avînd în vedere că în cazul măsurătorilor de vibrații ale paletelor turbinelor cu abur, mișcările oscilatorii ce trebuie compuse sînt tensiuni electrice sinusoidale care se compun pe ecranul unui osciloscop, se va examina numai compunerea vibrațiilor de direcții perpendiculare și sinusoidale.

1.3.1. Cazul vibrațiilor componente de aceeași frecvență. Fie de exemplu:

$$x = a \sin pt \qquad \text{(fază nulă)} \qquad (17)$$
$$y = b \sin (pt + \varphi) \qquad \text{(fază } \varphi)$$

cele două mișcări oscilatorii ce urmează să fie compuse. Eliminînd pt între cele două ecuații se obține ecuația traiectoriei

$$\frac{x^2}{a^2 \sin^2 \varphi} + \frac{y^2}{b^2 \sin^2 \varphi} - \frac{2xy \cos\varphi}{ab \sin^2 \varphi} = 1, \qquad (18)$$

care reprezintă o elipsă cu centrul în origină și axele înclinate față de axele de coordonate.

Pentru $\varphi = 0$, adică dacă cele două vibrații componente sînt de direcții prependiculare, însă în fază, atunci mișcarea rezultantă este rectilinie în cadranele *I* și *III* și anume:

$$\frac{x}{a} = \frac{y}{b}. \qquad (19)$$

Pentru $\varphi = \pi$ rezultă de asemenea o mișcare rectilinie, însă în cadranele *II* și *IV*, adică:

$$\frac{x}{a} = -\frac{y}{b}. \qquad (20)$$

Pentru $\varphi = \frac{\pi}{2}$, mișcarea se face pe o elipsă avînd axele chiar pe axele de coordonare

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1. \qquad (21)$$

Pentru $\varphi = \frac{\pi}{2}$ și $a = b$, mișcarea se face după un cerc

$$x^2 + y^2 = a^2. \qquad (22)$$

1.3.2. Cazul vibrațiilor componente cu frecvențe diferite însă foarte apropiate. Dacă vibrațiile componente au frecvențe care diferă puțin una de alta, adică

$$x = a \sin pt$$
$$y = b \sin [(pt + \Delta p)\, t + \varphi] \qquad (23)$$

atunci mișcarea rezultantă se face după niște curbe de formă eliptică, reprezentate în fig. 3, cunoscute sub denumirea de figurile Lissajoux.

1.3.3. Vibrațiile componente cu frecvențe diferite. În cazul general, vibrațiile componente sînt de formă:

$$x = a \sin p_1 t$$
$$y = b \sin (p_2 t + \varphi) \qquad (24)$$

In acest caz în funcție de:

— raportul amplitudinilor $\frac{a}{b}$

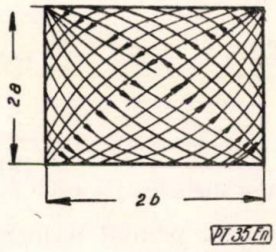
— raportul pulsațiilor $\frac{p_1}{p_2}$

— faza φ,

se obțin diverse forme ale figurilor Lissajoux.

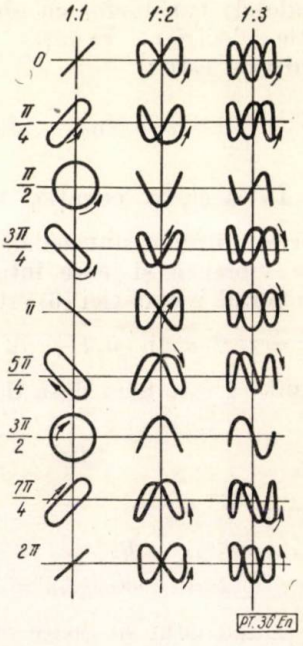
În cele ce urmează se dau o serie de exemple de astfel de figuri pentru: $\frac{a}{b} = \frac{1}{1}$; $\frac{p_1}{p_2} = \frac{1}{1}$; $\frac{p_1}{p_2} = \frac{1}{2}$; $\frac{p_1}{p_2} = \frac{1}{3}$ și faze între $\varphi = 0$ și $\varphi = 2\pi$.

Din examinarea fig. 4, rezultă că, dacă se cunoaște frecvența uneia din oscilații, cu ajutorul acestor figuri se poate determina frecvența celeilalte oscilații, concluzie utilă la măsurarea vibrațiilor de palete cu ajutorul fenomenului de rezonanță.



Pf 35 En

Fig. 3.



Pf 36 En

Fig. 4.

2. Principiul metodei de măsurare a vibrațiilor paletelor de turbine cu abur cu ajutorul oscilațiilor de rezonanță

În principiu această metodă constă în aceea că paleta (sau pachetul de palete) ce posedă o anumită pulsație proprie p (respectiv o frecvență proprie $f = \frac{p}{2\omega}$) se excită cu un electromagnet *E* a cărui tensiune de alimentare dată de un oscilator *G* are o frecvență ce se poate varia după dorință pînă cînd se reușește să se stabilească fie egalitatea acesteia cu pulsația proprie a paletei (sau a pachetului de palete) fie un raport între aceste pulsații (1/2, 1/3 etc.) fig. 5.

În acest caz, după cum s-a arătat mai înainte amplitudinile *A* (vezi formula 11) ale paletei cresc foarte mult față de situațiile anterioare; în același moment, într-un al doilea bobinaj plasat pe un magnet permanent *T* și a cărui armătură este formată tot de paleta care vibrează, se induce o tensiune a cărei frecvență este direct proporțională cu frecvența vibrației paletei (sau a pachetului de palete).

Prin urmare, în fond, la această metodă de măsurare a frecvenței paletei, au loc două transformări :

— prima transformare traduce variațiile electrice în vibrații mecanice — a doua transformare traduce vibrațiile mecanice în variații electrice.

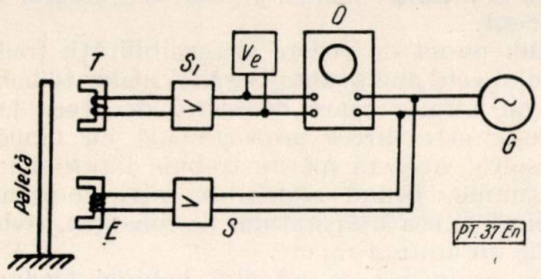


Fig. 5.

În momentul cînd se obține tensiunea indusă în traductor, adică la rezonanță, căci numai atunci apar variații puternice ale fluxului magnetic în întrefierul magnetului permanent, se conduce această tensiune la una din perechile de plăci ale unui osciloscop *O*. La cea de a doua pereche de plăci ale osciloscopului se conduce tensiunea oscilatorului de frecvență variabilă, cu ajutorul căruia s-a excitat electromagnetul care a provocat vibrația paletei.

Conform celor spuse la 1.3., avînd de-a face cu două vibrații (tensiuni electrice) de direcții perpendiculare (deoarece plăcile osciloscopului sînt plasate la 90° unele față de altele), acestea se pot compune rezultînd pe ecranul osciloscopului figurile Lissajoux cu ajutorul cărora se poate stabili frecvența uneia din tensiuni, cunoscînd-o pe aceea a celeilalte tensiuni, adică pe aceea a oscilatorului, etalonat în prealabil.

Transformările elctromecanice ce au loc la măsurarea vibrațiilor paletelor prin metoda rezonanței sînt examinate în cele ce urmează.

2.1. *Excitația paletei cu ajutorul excitatorului electromagnetic.* În mod obișnuit, excitatorul este constituit dintr-un electromagnet cu cîmp de dispersie puternic, a cărui înfășurare este alimentată cu o tensiune continuă pentru premagnetizare, peste care se suprapune o tensiune de frecvență variabilă, dată de un oscilator.

Dacă se examinează sistemul magnetic al excitatorului din fig. 6 se vede că în acest sistem, paleta *P* (care formează armătura electromagnetului *E*), se deplasează sub acțiunea forțelor electromecanice care iau naștere datorită fluxului de inducție magnetică provocat de curentul din bobina electromagnetului *E*.

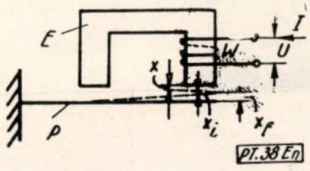


Fig. 6.

Lucrul mecanic *A* ce se dezvoltă în acest caz este legat de deplasarea executată de armătură (paleta). Legătura dintre lucrul mecanic efectuat *A* și forța *F* care ia naștere în paletă se calculează după formula :

$$A = \int_{x_1}^{x_f} F \, dx \qquad (25)$$

unde x este distanța dintre magnet și paletă în sensul în care acționează forța F, iar x_1 corespunde poziției inițiale a paletei și x_f — poziției finale.

Diferențiind formula (25) se obține :

$$F = \frac{dA}{dx} \cdot \qquad (26)$$

În felul acesta forța ce ia naștere în întrefierul excitatorului se determină ca derivata întîia a lucrului mecanic raportată la deplasarea corespunzătoare.

În cazul dat, lucrul mecanic se obține prin variația energiei magnetice W, primită de la rețea de către sistemul magnetic al electromagnetului.

Prin urmare, forța ce acționează paleta se determină din formula :

$$F = \frac{dW}{dx} \cdot \qquad (27)$$

Rezultă că pentru determinarea valorii forței F în funcție de deplasarea paletei, este nevoie să se cunoască legea variației energiei magnetice a excitatorului.

Această lege la rîndul ei este condiționată de parametri electrici și magnetici ai sistemului și anume :

— de numărul de amperispire Aw
— de fluxul sau inducția în întrefier
— de permeanța întrefierului G

După efectuarea calculelor necesare se ajunge la valoarea forței F care este dată de expresia :

$$F = \frac{1}{2} \frac{U^2}{\omega^2 w^2 G^2} \frac{dG}{dx} \cdot \qquad (28)$$

Adică această forță depinde în ultimă analiză de :

— valoarea eficace a tensiunii sinusoidale U a oscilatorului de frecvență variabilă cu care se alimentează excitatorul ;

— valoarea pulsației ω a acestei tensiuni, respectiv valoarea frecvenței variabile f_v ;

— valoarea permeanței G care variază cu întrefierul x al paletei față de electromagnet.

Prin urmare aceasta este forța de excitație exterioară, care provoacă vibrația forțată a paletei, forță menționată în ecuția (6).

— După cum s-a arătat în cap. 1 ecuația vibrației forțate neamortizate este :

$$X_1 = \frac{F}{m} \frac{1}{\sqrt{(p^2 - \omega^2)^2 + 4 n^2 \omega^2}} \sin (\omega t - \alpha)$$

unde :

p este pulsația proprie a vibrației paletei ;
ω — pulsația forței de excitație.

Dacă, cu ajutorul oscilatorului, se variază pulsația ω, se poate realiza la un moment dat egalitatea celor două pulsații :

$$\omega = p$$

în care caz apare fenomenul de rezonanță cînd amplitudinea vibrației paletei devine maximă și deci și variația întrefierului din circuitul magnetic al traductorului devine și ea maximă. În acest moment, va apare în bobinajul traductorului o tensiune a cărei frecvență va fi chiar frecvența proprie a paletei.

2.2. *Traductorul.* Transformarea vibrației mecanice a paletei cu frecvența de rezonanță, în vibrație electrică, respectiv într-o tensiune electrică de aceeași frecvență, este examinată mai amănunțit în cele ce urmează.

Această operație se realizează cu ajutorul unui traductor de inducție (fig. 7), la care mărimea neelectrică (vibrația mecanică) este transformată într-o forță electromotrice de inducție.

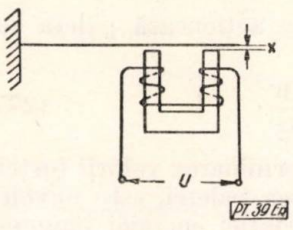


Fig. 7.

În conformitate cu legea inducției electromagnetice f. e. m. este determinată de viteza de variație a fluxului Ø care străbate bobina cu N spire, adică :

$$e = -N \frac{d\delta}{dt} \cdot \qquad (29)$$

Din această cauză, traductoarele de inducție pot fi, în general, utilizate direct numai la măsurătorile unde deplasările sînt liniare sau aproximativ liniare.

În cazul dat, fluxul Ø este creat de un magnet permanent și deci este constant. Variația acestui flux se obține prin variația reluctanței circuitului magnetic, respectiv prin variația întrefierului x dintre paletă și polii magnetului permanent.

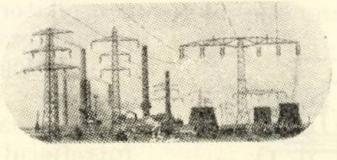
Din punct de vedere al sensibilității traductorului este mai avantajos să fie utilizate bobine cu un număr mare de spire, deoarece f.e.n. indusă este direct proporțională cu numărul de spire. Această mărire trebuie limitată însă, și anume, ținînd seama că între impedanța bobinei și cea a aparatului de măsurat, trebuie să fie un anumit raport.

De asemenea, la calculul bobinei traductorului este necesar să se țină seama de reacția magnetică a bobinei. Curentul din bobină trebuie să fie menținut suficient de mic, pentru ca inducția cîmpului propriu al bobinei, determinată de forța electromotrice a acestuia din urmă, să fie cu mult mai mică decît inducția cîmpului magnetic constant din întrefier, produs de magnetul permanent.

Această tensiune indusă cu o frecvență egală cu frecvența oscilației paletei, se conduce, după cum s-a arătat mai înainte, printr-un amplificator, la una din perechile de plăci ale osciloscopului.

Bibliografie

[1] Hamburger L., Buzdugan Gh.: *Teoria vibrațiilor și aplicațiile ei în construcția de mașini.*
[2] Timoshenko S. P.: *Théorie des vibrations,* Paris Liège, 1947.
[3] Brebenel D.: *Cîteva aspecte privind problema vibrațiilor la paletele turbinelor cu abur,* Energetica nr. 3, martie 1960.
[4] Varadi, Gh. și Vlădeanu, V.: *Un aparat electronic pentru determinarea frecvenței, paletelor turbinelor cu abur prin metoda rezonanței,* Energetica nr. 3, martie, 1960.



Cu privire la revizuirea prescripţiilor şi instrucţiunilor de protecţie împotriva supratensiunilor a instalaţiilor electrice cu tensiunea peste 1 000 V

Ing. *MARC DĂNILĂ*

1. Consideraţii generale

În prezent sînt prevăzute pentru revizuire prescripţiile nr. 6—57 şi instrucţiunile nr. 97—57 ale fostului Minister al Energiei Electrice privitoare la protecţia instalaţiilor electrice împotriva supratensiunilor.

Revizuirea periodică a unor prescripţii şi instrucţiuni este justificată de progresul tehnic, de acumularea experienţei şi de precizările teoretice care apar în perioada de aplicare a acestora.

Prescripţiile de protecţie împotriva supratensiunilor au fost editate de către MEEIE în anul 1953, la începutul închegării sistemului energetic naţional, în perioada în care încă nu existau date suficiente asupra comportării la supratensiuni a instalaţiilor noi realizate în cadrul planului de electrificare.

În perioada de aplicare a acestor prescripţii au fost precizate unele aspecte teoretice, atît în domeniul supratensiunilor interne cît şi al supratensiunilor atmosferice. O bună parte din aceste aspecte, precum şi aspecte legate de experienţa practică dobîndită în exploatare, au fost cuprinse în noile prescripţii de protecţie împotriva supratensiunilor, apărute în anul 1957, şi mai larg enunţate în instrucţiuni.

Dintre aceste progrese putem remarca precizările din instrucţiuni cu privire la supratensiunile interne, admiterea legării conductoarelor de protecţie la cadrele staţiilor de 35 kV şi recomandările cu privire la renunţarea în anumite cazuri la protecţia liniilor de înaltă tensiune prin conductoare de protecţie.

Legat de aceste aspecte putem remarca faptul că în domeniile respective ne-am situat pe o poziţie progresistă, de introducere a tehnicii noi. Astfel, revizuirea prescripţiilor de protecţie împotriva supratensiunilor care are loc în prezent în U.R.S.S. [3] se orientează în aceeaşi direcţie în ceea ce priveşte legarea conductoarelor de protecţie ale liniilor de 35 kV la cadrele staţiilor şi în ceea ce priveşte folosirea conductoarelor de protecţie.

Sarcinile mari care revin energeticienilor în cadrul planului de şase ani şi al planului de perspectivă, pe baza hotărîrilor celui de-al III-lea Congres al P.M.R., cer ca inginerii şi tehnicienii din acest sector important al economiei naţionale să depună toate eforturile pentru realizarea şi depăşirea sarcinilor trasate. O prescripţie clară, care să dea o orientare progresistă pentru adoptarea unor soluţii la nivelul tehnicii mondiale, este un factor hotărîtor în proiectarea instalaţiilor.

În perioada care s-a scurs de la a doua ediţie a prescripţiilor de protecţie împotriva supratensiunilor au fost înregistrate succese însemnate pe drumul electrificării ţării.

S-au realizat cu aproape un an mai de vreme previziunile de producţie a energiei electrice din cadrul planului de electrificare de 10 ani, s-a închegat sistemul energetic naţional, ce cuprinde astăzi aproape toate regiunile ţării, apar în curînd tensiuni superioare celei de 110 kV, şi anume 220 kV şi 400 kV, se dezvoltă într-un ritm accentuat electrificarea rurală, apar centrale puternice în diverse colţuri ale ţării.

Schimbările structurale care apar în configuraţia sistemului energetic, dezvoltarea mare care o ia electrificarea ţării necesită şi o revizuire minuţioasă a prescripţiilor de protecţie împotriva supratensiunilor.

Problema ieftinirii instalaţiilor electrice prin scăderea nivelelor de izolare, problemă de mare actualitate tehnică, bazată pe experienţa de exploatare şi cercetări teoretice, este de asemenea în strînsă legătură cu prescripţiile.

Statistica avariilor, deci experienţa proprie de aplicare a prescripţiilor, este de asemenea o sursă de inspiraţie în ceea ce priveşte posibilităţile de simplificare şi ieftinire a protecţiei împotriva supratensiunilor.

În perioada de la apariţia ultimelor prescripţii, o serie de soluţii progresiste au fost introduse în practică pe baza de derogări de la prescripţii. Dintre acestea putem cita montarea paratrăsnetelor pe cadrele de ieşire ale staţiilor de 35 kV, schimbarea valorilor normate ale prizelor de punere la pămînt ale liniilor electrice aeriene cu tensiuni pînă la 110 kV, în sensul măririi acestor valori, renunţarea la folosirea prizelor artificiale de punere la pămînt la liniile de 6—15 kV pe stîlpi de beton armat în zonele nelocuite şi altele.

Aceste măsuri au făcut posibile adoptarea unor soluţii economice atît la construcţia liniilor cît şi la cea a staţiilor electrice.

Noile prescripţii, care vor trebui să fie elaborate în cursul acestui an, vor trebui să cuprindă legiferate toate aceste derogări. De asemenea, va trebui să se ţină seamă şi de experienţa altor ţări în domeniul protecţiei împotriva supratensiunilor şi să se introducă în prescripţii acele puncte care pot aduce o îmbunătăţire a lor, precum şi de apariţia unor

aparate de protecție mai eficace împotriva supratensiunilor atmosferice.

În cele ce urmează vom aminti pe scurt tendințele noi care au apărut cu privire la protecția împotriva supratensiunilor în ultimii trei ani și vom face unele propuneri cu privire la soluțiile pe care le considerăm indicate a fi cuprinse în noile prescripții și instrucțiuni.

Baza protecției împotriva supratensiunilor interne în prescripțiile actuale este alegerea unui nivel de izolare corespunzător nivelului acestor supratensiuni.

Protecția împotriva supratensiunilor atmosferice este rezolvată în linii mari prin paratrăsnete verticale la protecția stațiilor și a centralelor împotriva loviturilor directe, prin conductoare de protecție legate la pămînt la linii de înaltă tensiune și prin descărcătoare cu rezistență variabilă împotriva supratensiunilor care vin de pe linii în cazul stațiilor. De asemenea, descărcătoarele tubulare sînt folosite la protecția intersecțiilor liniilor de înaltă tensiune cu alte linii electrice, sau drumuri, căi ferate și alte lucrări de construcție și a separatoarelor sau întreruptoarelor în poziție deschisă.

O dată cu creșterea tensiunilor nominale de lucru, efectul supratensiunilor atmosferice pierde din importanță față de cel al supratensiunilor de comutație. Ca un element nou, care reprezintă o cotitură în abordarea problemelor de protecție împotriva supratensiunilor, trebuie relevat noul tip de descărcătoare cu rezistență variabilă cu suflaj magnetic sau electromagnetic, capabil să suporte scurgerea la pămînt a curenților datorați supratensiunilor interne. Acest fapt șterge granița existentă pînă în prezent între modul de protejare a instalațiilor electrice împotriva supratensiunilor interne și a celor externe.

Protejarea instalației împotriva supratensiunilor interne are drept consecință imediată posibilitatea micșorării nivelului de izolare a instalațiilor electrice, ceea ce duce la creșterea probabilității de conturnare a izolației datorită supratensiunilor externe. Introducerea pe scară largă a reanclanșării automate rapide trifazice și în special monofazice micșorează însă substanțial numărul de declanșări al liniilor datorită supratensiunilor atmosferice în cazul conturnărilor fără defectări de izolatoare.

Creșterea sistemului energetic, apariția unor legături mai puternice între surse și repartiția teritorială a surselor în diferite puncte ale țării, în așa fel încît întreruperea unor linii de interconexiune nu duce la avarii grave în sistem, precum și apariția unui număr mare de linii în stațiile de transformare fac posibilă o simplificare a protecției împotriva supratensiunilor, atît în stații cît și pe linii.

Cunoașterea zonelor de keraunicitate mai ridicată, pe baza datelor statistice strînse prin inspecția de avarii și pe baza datelor stațiilor meteorologice, face posibilă îmbunătățirea hărții keraunice a țării, întocmită de Institutul de Energetică al Academiei R.P.R., hartă care va trebui să facă parte integrantă din instrucțiunile de protecție împotriva supratensiunilor. Pe baza acestor date se vor putea arăta căile în care sînt necesare măsuri speciale de protecție și zonele în care se pot accepta condiții mai ușoare de protecție a instalațiilor.

Noile prescripții vor trebui să cuprindă în mod obligatoriu măsurile de protecție care trebuie luate în cazul instalațiilor de 220 și 400 kV, precum și în cazul echipamentelor noi care apar în sistemul nostru energetic, cum sînt autotransformatoarele de mare putere și tensiuni înalte.

În rețelele de medie tensiune, de 35 și 15 kV, apar probleme noi în privința modului de tratare a neutrului acestor rețele și, legat de aceasta, a modului de protecție împotriva supratensiunilor. În această direcție sînt în curs cercetări pe viu pentru experimentarea funcționării rețelelor cu neutrul legat eficace la pămînt, combinat cu o protecție simplă prin eclatoare în loc de descărcătoare.

2. Supratensiunile de comutație și atmosferice

Din cele arătate mai sus, separarea supratensiunilor de comutație de cele atmosferice nu mai poate fi făcută net. Dacă în prescripția 6—57, la paragraful 41, se arătau ca suficiente măsurile constructive de alegere a nivelului de izolare suficient de ridicat, echiparea hidrogeneratoarelor cu înfășurări de amortizare, tratarea neutrului sistemului și folosirea de aparate de conectare prevăzute cu dispozitive de limitare a supratensiunilor interne, în noile prescripții va trebui să se indice și posibilitatea folosirii descărcătoarelor cu rezistență variabilă pentru limitarea anumitor tipuri de supratensiuni de comutație (în special în cazul deconectării în gol a liniilor și a transformatoarelor), precum și măsuri de ordin operativ la efectuarea manevrelor în sistem, în așa fel încît să se poată reduce amplitudinea supratensiunilor de comutație care pot să apară în sistem.

Acest mod de abordare a problemei va conduce la ieftinirea instalațiilor prin micșorarea nivelelor de izolare ale tuturor elementelor rețelei.

De asemenea, la proiectarea rețelelor va trebui să se analizeze configurația și schemele de funcționare a rețelelor și din punct de vedere al limitării supratensiunilor de comutație.

Legat de apariția în rețea a autotransformatoarelor, va trebui să se indice, pe cît posibil, adoptarea de scheme fără întreruptoare pe partea de înaltă tensiune, eliminarea întreruptoarelor

conducînd la o micşorare sensibilă a supratensiunilor interne în reţeaua de înaltă tensiune.

Cercetările teoretice originale, efectuate la noi în ţară, cu privire la tratarea neutrului reţelelor de înaltă tensiune au fost aplicate în practică la proiectarea sistemului energetic naţional. Pe baza experienţei acumulate, această problemă va trebui să fie cuprinsă în instrucţiunile revizuite.

Legătura strînsă dintre nivelul de protecţie împotriva supratensiunilor şi caracteristicile izolatoarelor face obligatorie prezentarea, fie în prescripţii, fie în instrucţiuni, a performanţelor electrice ale izolatoarelor de fabricaţie indigenă şi indicarea nivelelor de protecţie care trebuie să se obţină la linii de diverse tensiuni.

În instrucţiunile de protecţie împotriva supratensiunilor va trebui să se dea o atenţie mai mare problemei supratensiunilor induse, legat de faptul că în ultimii ani liniile de înaltă tensiune (în special cele cu tensiunea nominală de 35 kV) s-au construit fără conductoare de protecţie.

Avînd în vedere că în redactarea nouă a prescripţiilor de exploatare tehnică a centralelor şi reţelelor electrice (PET) valoarea normală a rezistenţei prizelor de punere la pămînt se fixează după prescripţiile noi sovietice, numai în funcţie de rezistivitatea solului, fără a fi legată de nivelul de protecţie împotriva supratensiunilor atmosferice a liniilor, această problemă va trebui să se prezinte în noile prescripţii cu totul sub alt aspect.

În sfîrşit, în ceea ce priveşte măsurile de protecţie împotriva supratensiunilor a instalaţiilor cu tensiuni mai mari de 110 kV, datorită faptului că nu avem încă o experienţă proprie în această direcţie, măsurile care se prevăd vor trebui să aibă un caracter de recomandare, bazate pe experienţa altor ţări. În orice caz, reţeaua de foarte înaltă tensiune fiind încă în fază incipientă, măsurile preconizate vor trebui să fie de aşa natură, încît să asigure un nivel relativ de protecţie mai mare decît pentru sistemul de 110 kV.

3. Protecţia liniilor electrice împotriva supratensiunilor atmosferice

Pe baza studiilor efectuate şi pe baza statisticii de avarii a liniilor electrice cu tensiunea de 35 şi 110 kV, proiectarea protecţiei împotriva supratensiunilor a liniilor de această categorie a suferit modificări faţă de prevederile prescripţiilor. Dacă la data întocmirii prescripţiilor orientarea spre simplificarea protecţiei liniilor a apărut doar sub o formă timidă de recomandare, începînd din anul 1958 s-a renunţat complet la montarea conductoarelor de protecţie pe liniile de 35 kV, iar în reţelele de 110 kV au fost executate mai multe linii fără conductoare de protecţie.

Comportarea liniilor fără conductoare de protecţie a fost în general bună, statistica indicînd aproximativ acelaşi număr de declanşări datorită supratensiunilor, atît la linii echipate cu conductoare de protecţie, cît şi la cele neechipate, situate în aceleaşi zone de keraunicitate. Introducerea pe scară largă a R.A.R. pe liniile de înaltă tensiune şi a R.A.R. monofazat pe liniile principale de 110 kV a condus la o scădere simţitoare a numărului de declanşări din cauza supratensiunilor atmosferice. În noile prescripţii va trebui deci să se aducă modificările corespunzătoare în această direcţie.

Acceptarea unei valori mărite a rezistenţei prizei de punere la pămînt a liniilor conduce de fapt la o micşorare a eficacităţii conductoarelor de protecţie. Din această cauză, în zonele în care, datorită rezistivităţii mari a solului, nu se poate obţine o rezistenţă scăzută a prizei de punere la pămînt, nu este indicată montarea conductorului de protecţie. Astfel de cazuri au apărut în practica construcţiei de linii de înaltă tensiune, la una din liniile de 110 kV construită într-o regiune de munte din ţară.

Montarea conductoarelor de protecţie în unele zone ale ţării, unde s-au înregistrat depuneri mari de chiciură, este de asemenea inoportună. Într-adevăr, întreruperile cauzate de supratensiunile atmosferice se lichidează în majoritatea cazurilor prin reanclanşarea automată a liniei, cîtă vreme ruperea conductorului de protecţie la suprasarcini de chiciură, sau atingerea fazelor datorită creşterii săgeţii conductorului de protecţie, pe liniile la care s-a făcut deschiciurarea conductoarelor active, conduce la avarii grave în perioada în care condiţiile de lucru ale echipelor de intervenţie sînt mai grele şi cererile de energie mai mari.

Deci, în privinţa utilizării conductoarelor de protecţie, va trebui să se meargă şi în continuare pe linia montării acestora numai de la caz la caz, la linii a căror întrerupere ar putea conduce la avarii grave de sistem, sau la întreruperea unor consumatori foarte importanţi, care nu au posibilitate de alimentare pe alte căi.

La liniile cu tensiuni mai mari de 110 kV, trebuie recomandată folosirea conductoarelor de protecţie, montate pe izolatoare şi separate de coborîrile de punere la pămînt prin intermediul unor eclatoare. Aceasta conduce, pe de o parte, la micşorarea pierderilor prin inducţie în conductoarele de protecţie şi, pe de altă parte, la posibilitatea adoptării unei instalaţii de deschiciurare şi la conductoarele de protecţie.

Problema alegerii rezistenţelor de punere la pămînt a liniilor a fost rezolvată în cadrul prescripţiilor de exploatare tehnică a centralelor şi reţelelor electrice (PET, ediţie revizuită în 1960).

Soluţiile adoptate în această privinţă duc la o ieftinire a costului liniilor.

Luînd în considerare priza naturală a stîlpului, care este legată în paralel cu priza artificială de legare la pămînt, mărirea prizei artificiale nu influențează prea mult scurgerea curenților de trăsnet în pămînt. Măsurătorile efectuate pe o linie de 15 kV pe stîlpi de beton, la care nu s-au prevăzut prize artificiale de legare la pămînt decît în zonele locuite, au arătat că rezistențele prizei naturale a stîlpilor erau cuprinse între 2 și 50 ohmi, la 3 săptămîni după ridicarea stîlpilor.

O problemă nouă, care va trebui să fie rezolvată pe bază de experiențe de laborator, este folosirea armăturii stîlpilor de beton armat precomprimat drept conductor de coborîre la priza de punere la pămînt.

Rezolvarea problemei este de mare actualitate, legată de fabricarea pe scară din ce în ce mai largă a stîlpilor precomprimați.

4. Protecția instalațiilor de distribuție din centrale și stații electrice împotriva loviturilor directe de trăsnet

Baza protecției împotriva loviturilor directe rămîne și în continuare paratrăsnetul.

Simplificările care se pot aduce protecției stațiilor se referă în special la posibilitatea montării paratrăsnetelor verticale direct pe construcțiile stațiilor de 35 kV și legării paratrăsnetelor la priza generală de punere la pămînt a stației. Derogarea obținută în această privință pentru montarea paratrăsnetelor pe cadrele de ieșire a liniilor din stații poate fi generalizată pe baza datelor experimentale efectuate în U.R.S.S. [3].

De asemenea, prin luarea unor măsuri adecvate de protecție a transformatoarelor, se poate admite montarea paratrăsnetelor și pe cadrele acestora.

Rămîne de precizat dacă se va merge pe soluția renunțării complete la protecția împotriva loviturilor directe, la stații de mai mică importanță, cu suprafața redusă. Probabilitatea loviturilor directe în astfel de stații este extrem de redusă după unele date din literatură [10].

O altă problemă, legată de introducerea unor soluții moderne în construcția centralelor este protecția împotriva loviturilor directe a utilajului tehnologic în centralele de tip descoperit sau semidescoperit. Apariția acestor tipuri de centrale cere o protecție atentă împotriva loviturilor directe. De asemenea, și folosirea materialelor explozibile, cum este hidrogenul folosit la răcirea generatoarelor, impune probleme speciale de protecție. De altfel, aceste probleme au și apărut la unele centrale în construcție în țară și este indicată precizarea prin prescripții a măsurilor de protecție.

5. Protecția stațiilor împotriva supratensiunilor provenite din linii

Protecția de bază a aparatelor din stații împotriva undelor de supratensiuni sosite din linii se realizează cu descărcătoare cu rezistență variabilă și tubulare.

Pentru preîntîmpinarea loviturilor directe în linii, în imediata apropiere a stațiilor, acestea se protejează prin conductoare de protecție.

Pînă în ultimul timp, industria noastră nu a asimilat pentru producția de serie descărcătoare cu rezistență variabilă și tubulare. Din această cauză aceste aparate erau procurate din import.

În noile instrucțiuni va trebui să se indice caracteristicile descărcătoarelor asimilate de ICET, pentru a se putea asigura o protecție corespunzătoare a instalațiilor.

Succesele obținute în alte țări, și în special în U.R.S.S., în direcția îmbunătățirii caracteristicilor descărcătoarelor cu rezistență variabilă fac posibilă mărirea distanțelor de montare a descărcătoarelor, față de aparatele protejate, sau scurtarea porțiunii de linie protejată cu conductoare de protecție. În acest sens trebuie făcute referiri cantitative în prescripții asupra posibilităților de îmbunătățire a schemelor de protecție prin folosirea descărcătoarelor cu performanțe superioare.

De asemenea, va trebui să se analizeze posibilitatea renunțării la descărcătoarele tubulare montate pentru protecția separatoarelor și întreruptoarelor liniilor în poziție deschisă. Această propunere este bazată pe faptul că, deși prin proiectare s-a prevăzut sistematic montarea acestor descărcătoare, ele au fost montate în număr foarte limitat, și din statistica de avarii rezultă că nu au existat cazuri de conturnare a separatoarelor în poziție deschisă. Pe de altă parte, se poate afirma că prin conturnarea izolației liniilor pe stîlpi de beton armat, la începutul porțiunii protejate de conductoarele de protecție, se obține o micșo are a supratensiunii în stație, care poate fi preluată de descărcătorul cu rezistență variabilă.

Dezvoltarea stațiilor de transformare cu multe linii conectate permanent la bare face posibilă eliminarea descărcătorului cu rezistență variabilă din stații [3]. Este indicat ca acest lucru să fie precizat în noile prescripții și ca orientare se poate propune ca, în cazul existenței a 4 linii conectate permanent la barele stațiilor de 110 kV și a 5 linii la stațiile de 35 kV, să nu se monteze descărcătoare cu rezistență variabilă în stații.

De asemenea, este necesară precizarea domeniului de utilizare a eclatoarelor în locul descărcătoarelor. Practica unor țări cu dezvoltare energetică avansată a arătat eficacitatea utilizării eclatoarelor la toate tensiunile.

De asemenea, după cum s-a arătat în prezent, sînt în curs experienţe în sistemul nostru energetic privitor la folosirea eclatoarelor în reţelele de medie tensiune.

Cu privire la protecţia autotransformatoarelor, va trebui să se precizeze schema de protecţie în funcţie de tipul autotransformatorului, dar în orice caz baza protecţiei va trebui să fie descărcătorul cu rezistenţă variabilă, montat în imediata apropiere a bornelor, fără separator.

Protecţia maşinilor rotative împotriva supratensiunilor devine mai acută, datorită apariţiei unui număr mare de compensatoare sincrone şi de centrale industriale cu grupuri de puteri mici.

La staţiile unde vor exista maşini rotative de asemenea puteri, este posibilă racordarea liniilor aeriene. Legat de aceasta se pune şi problema protecţiei capetelor de cabluri, la intrarea prin cablu în staţii a liniilor aeriene, şi a îmbunătăţirii caracteristicilor descărcătoarelor folosite la protecţia maşinilor rotative.

Prezentul material nu are pretenţia depistării tuturor lacunelor existente în prescripţiile actuale şi a indicării soluţiilor obligatorii de urmat la redactarea ediţiei noi. Desigur că mai există un număr mare de probleme, care apar în practica de exploatare şi asupra cărora întreprinderile care exploatează instalaţiile respective trebuie să-şi spună cuvîntul.

De exemplu, vor trebui să se precizeze problemele legate de montarea armăturilor la izolatoarele liniilor aeriene, la diverse tensiuni.

La liniile de 110 kV, ultimele proiecte nu mai prevăd armăturile de protecţie la nici un fel de izolatoare. Această hotărîre s-a luat pe baza experienţei din ultimii ani din ţară şi străinătate.

Dacă noile prescripţii vor oglindi succesele obţinute în ultimii ani, în ceea ce priveşte adoptarea soluţiilor noi, pe linia tehnicii noi, prescripţiile vor deveni un instrument pentru reducerea costului investiţiilor în domeniul energetic.

Bibliografie

[1] *Prescripţia* nr. 6—57 Ed. OPED — 1957.

[2] *Instrucţiunea* nr. 94—97 Ed. OPED—1957.

[3] Beliakov N.N. şi Serenţis A.N.: *Despre necesitatea revizuirii Instrucţiunilor de protecţie împotriva supratensiunilor în legătură cu schimbările condiţiilor de proiectare şi exploatare ale sistemelor electrice.* Elektriceskie stanţii, anul 31 (1960), nr. 5, pag. 44—50

[4] Malinşiţki G.P.: *Unele probleme ale protecţiei împotriva supratensiunilor atmosferice a instalaţiilor electrice.* Elektriceskie stanţii, anul 31 (1960), nr. 5, pag. 50—53.

[4] Şişman D.B.: *Protecţia împotriva supratensiunilor a staţiilor de putere mică.* Elektriceskie stanţii, anul 31 (1960), nr. 5, pag. 53—54.

[6] Marc D.: *Tendinţe noi în protecţia împotriva supratensiunilor atmosferice.* Conferinţă prezentată în cadrul filialei ASIT Bucureşti la 14.VII.1959.

[7] Marc D.: *Studiu tehnico-economic al legării conductoarelor de protecţie a liniilor de 35 kV la cadrele staţiilor.* Energetica, nr. 1, 1956, pag. 29—33.

[8] Marc D.: *Eficacitatea folosirii conductoarelor de protecţie la liniile de 110 şi 35 kV.* Referat prezentat la Conferinţa Electricienilor din R.P.R., noiembrie 1957. Buletin Documentar ISPE, nr. 7, 1957.

[9] Stein M. şi Marc D.: *Consideraţii asupra justificării din punct de vedere tehnico -economic a conductoarelor de protecţie pe liniile de 35 kV.* Energetica nr. 7, 1958.

[10] Bagala K.: *Este necesară ecranarea staţiilor electrice?* L'Energia Electrica nr. 3, 1956.

Îmbunătăţirea randamentului la cazanele de tip vechi ale I.R.E. — Oradea

În spiritul consfătuirii „Gospodărirea căldurii în industrie" — organizată de Academia R.P.R. la Bucureşti, între 9—11 iulie 1959, s-a intensificat activitatea şi în cadrul Întreprinderii regionale de electricitate Oradea, în vederea descoperirii şi recuperării pierderilor energetice.

IRE-Oradea are şi o centrală termică cu cazane construite între 1911 şi 1927; sarcina de bază a revenit deci asupra reducerii pierderilor acestor agregate. Între primele activităţi ale Serviciului tehnic—reînfiinţat din 1959 — a figurat analizarea pierderilor la cazane, în special a pierderilor prin coş.

Din aceste analize, măsurători termo-tehnice şi chimice, cu metoda indirectă a stabilirii randamentelor, s-a constatat că datorită pierderilor prin coş foarte ridicate, unde cazane, în special cazanele *I* şi *II*, funcţionează cu randamente foarte defavorabile.

Cazanele *I* şi *II* au fost construite în anul 1911 pentru ardere cu cărbune şi transformate în 1948 pentru ardere cu păcură pulverizată prin abur. În anul 1956 aceste cazane au fost complet reconstruite pentru ardere cu păcură sub presiune, în focare fiind zidite canale de răcire. Cazanele sînt cu ţevi de apă, sistem Steinmüller, cu ţevi foarte puţin înclinate, cu circulaţie slabă, din care motiv capacitatea nominală este de 3,5 t/h cu 300 m² suprafaţă de încălzire, producînd 12 kg/m²h abur supraîncălzit, cu parametri de 12 ats şi 330°C.

La analiza gazelor de ardere ale acestor cazane s-a măsurat un conţinut de bioxid între 4,5 — 4,8% şi un conţinut de oxigen între 10,3—10,6 %. Stabilind conţinutul de monoxid de carbon, cu coeficientul păcurei s-au calculat valori de 4,4% la cazanul *I* şi 4,6% la cazanul *II*. Utilizînd şi metoda grafică cu diagrama Bunte, s-au obţinut cifre identice. Din aceste valori s-a calculat excesul de aer, găsindu-se la cazanul *I*, cifra de 1,6 iar la cazanul *II* cifra de 1,64.

Ca urmare a acestor rezultate foarte defavorabile, s-au obţinut următoarele valori extrem de ridicate de pierderi:

Pierderi de căldură prin gaze de ardere:

Cazanul *I* = 17,6 % Cazanul *II* = 18,9 %

Pierderi prin gaze nearse:

Cazanul *I* = 25,02 % Cazanul *II* = 26,2 %

Excesul mare de aer şi conţinutul ridicat de CO se datoresc amestecului necorespunzător de aer cu combustibil în timpul arderii. În diferite probe, la care s-a redus tirajul de la 12—14 mm. C.A. la valori mai mici de 10 mm, s-au obţinut rezultate şi mai proaste. La aceste încercări s-a reglat excesul de aer cu clapa de tiraj şi cu jaluzele în jurul injectoarelor, însă la orificiile aerului secundar prin canalele de răcire, nu a existat nici un dispozitiv de reglaj.

Pentru reducerea pierderilor prin gaze nearse, adică în interesul îmbunătăţirii amestecului de combustibil cu aerul s-a stabilit că singura cale la aceste cazane, fără investiţii costisitoare, este mărirea aerului primar pe lîngă injectoare, în contul reducerii aerului secundar. Montînd jaluzele la orificiile canalelor laterale de răcire, s-au obţinut pe intervalul dec. 1959 — aug. 1960 următoarele medii valorice îmbunătăţite :

	Cazan *I*	Cazan *II*
Tiraj mm. C.A.	6,6—7	6,5—7
CO	0,23—0,86 %	0,47—0,5%
Pierderi prin gaze nearse	1,5—6,8 %	3,2—3,6 %
Pierderi de căldură prin gaze de ardere	21,9—24,9%	20,9—24,1 %

Se constată că, faţă de rezultatele anterioare, pierderile s-au redus la cazanul *I* cu 10,92 pînă la 19,22 %, iar la cazanul *II* cu 17,4 pînă la 21 %. Menţionăm că pe lîngă montarea jaluzelelor amintite mai sus, s-a dus o muncă de lămurire şi cu fochişti, prin utilizarea metodei vizuale cu diagrama Bunte, pentru combaterea teoriilor greşite a conducerii focului la aceste cazane, care nu au aparataj de analizare a gazelor. Rezultatele obţinute au dat economii însemnate în viaţa întreprinderii noastre.

Deşi aceste agregate, cu cele 7 t/h producţie totală de abur, sînt neînsemnate pe lîngă cazanele mari şi moderne ale industriei ţării noastre, datorită însă faptului că mai sînt în funcţie multe asemenea cazane de sistem învechit, prin metode simple, ca cea sus arătată, se pot realiza economii însemnate în scopul reducerii preţului de cost.

Ing. A. St. Paal

Mărirea economicităţii instalaţiilor de turbine VK-50-1

De la punerea în funcţie a primului turbogenerator la CTE Paroşeni au fost introduse o serie de modificări în schema termică a centralei, care pe lîngă alte măsuri au contribuit simţitor la reducerea consumului specific de combustibil de la 490 gcc/kWh în 1956 la cca. 407 gcc/kWh în 1960.

Un rol important în reducerea consumului specific de combustibil l-a avut şi funcţionarea economică a instalaţiilor de turbine.

În acest sens s-au executat unele modificări simple în schema termică a turbinei care dau posibilitatea să se utilizeze aburul de parametri scăzuţi din prizele turbinei în locul aburului viu de 90 ata şi 500°C şi a aburului din prizele cu parametri ridicaţi. — Reducînd parametrii aburului prin destinderea în turbină şi nu prin laminarea cu ventilele de reglaj a consumatorilor de abur se obţine o putere suplimentară în primele trepte care duce la reducerea debitului de abur viu consumat pentru aceeaşi sarcină pe turbogenerator.

În cele de mai jos vom prezenta cîteva modificări realizate în schema termică a turbinelor VK-50-1.

Alimentarea ejectorului principal cu abur din priza *I*

Ejectorul în trei trepte de tipul EP—600—3 este alimentat după proiect cu abur de 90 ata şi 500°C (fig. 1), care se laminează pînă la presiunea de lucru cu ventilul *16*.

Consumul de abur viu pentru ejector la presiunea de lucru de 12 kgf/cm² este de 600 kg/h.

Condensatul secundar din treptele ejectorului se scurge în cascadă în treapta *I* şi după aceea în condensator. Din cauza funcţionării defectuoase a ejectorului datorită recirculaţiei aerului între treptele sale şi din cauza neetanşeităţii instalaţiei sub vid, presiunea de lucru a efectorului se menţinea ridicată la 20—25 kgf/cm².

S-au montat sifoane pe scurgerea condensatului din treptele ejectorului şi a fost înlăturată recirculaţia aerului între trepte.

Pentru îmbunătăţirea etanşeităţii sistemului sub vid s-au suprimat majoritatea flanşelor conductelor sub vid iar racordurile prizei *IV* şi *V* cu cilindrul turbinei s-au sudat cu ocazia reparaţiilor mijlocii.

În urma acestor măsuri căderea vidului la sarcina nominală pe turbină a scăzut de la 16 mm col mercur/min. la 2—4 mm col mercur/min, iar ejectorul principal poate să funcţioneze la presiunea aburului de 12 kgf/cm².

Din figura 2 reiese că presiunea aburului în camera prizei I asigură funcţionarea sigură a ejectorului cînd sarcina pe turbină este peste 30 MW.

Pentru aceasta s-a executat un racord din priza *I* din ţeavă Ø 57 × 3 OLT-35 cu conducta de abur viu spre ejector. Racordul s-a făcut după ventilul de laminare (*16*) pentru a evita laminarea suplimentară a aburului din priza *I*.

Utilizînd pentru ejector aburul din priza *I* în locul aburului viu se obţine o economie anuală pe turbină de aproximativ 120 t.c.c.

Alimentarea degazoarelor de 6 ata din priza *III*

Pentru degazarea apei în schema termică a turbinei este prevăzut degazorul de 6 ata care este alimentat cu abur din priza *II* a turbinei (fig. 1). La sarcina de 50 MW presiunea aburului în camera prizei *II* este 16 ata şi aburul este laminat cu ventilul de reglaj pînă la presiunea de lucru a degazorului.

Din fig. 2 reiese că la sarcina pe turbină peste 45 MW aburul din priza *III* poate fi utilizat în mod sigur pentru degazor.

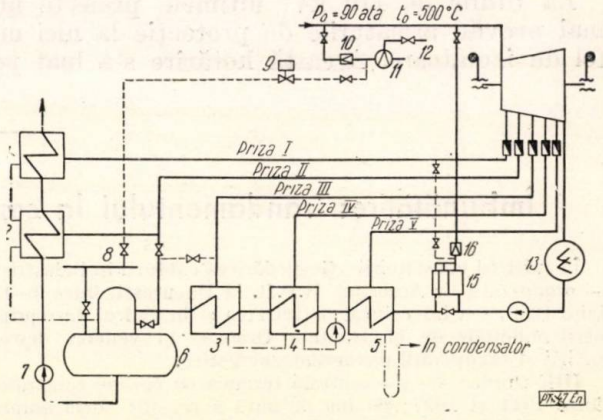


Fig. 1.

1 — preîncălzitor de înaltă presiune nr. 5; *2* — preîncălzitor de înaltă presiune nr- 4; *3* — preîncălzitor de joasă presiune nr. 3; *4* — preîncălzitor de joasă presiune nr. 2; *5* — preîncălzitor de joasă presiune nr. 1; *6* — degazor 6 ata; *7* — pompă alimentare; *8* — colector egalizare pe partea de abur degazori 6 ata; *9* — ventil de reglaj abur labirinţi acţionat de coloana de reglaj TKTI; *10* — ventil ac; *11* — răcitor abur labirinţi; *12* — condensat; *13* — condensator; *14* — pompă condensat de bază; *15* — ejector; *16* — ventil ac.

În condiţiile de funcţionare ale C.T.E. Paroşeni care are durata de utilizare a puterii instalate de cca. 7 300 ore pe an este asigurată funcţionarea îndelungată cu presiunea la priza *III* mai ridicată decît în degazori. În afară de aceasta debitul de abur prelevat din priza *III* este sub valoarea din proiect, care prevedea instalaţie de vaporizare. La CTE Paroşeni n-a fost necesară instalaţia de vaporizare şi nu s-a montat.

Presiunea fiind suficientă şi avînd rezervă de abur în priza *III* s-a executat un racord între prizele *II* şi *III* din ţeavă Ø 159 × 4 OLT-35.

Utilizînd aburul din priza *III* pentru degazorul de 6 ata se obţin anual economii pe turbină de cca. 225 t. c.c.

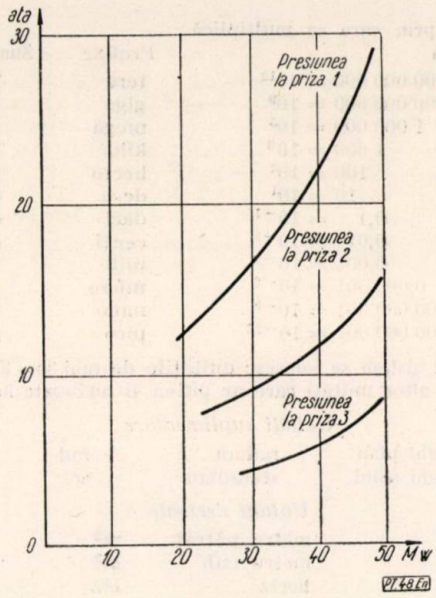


Fig. 2.

Alimentarea labirinţilor cu abur de 6 ata

În schema termică a turbinei se prevedea ca labirinţii să fie alimentaţi cu abur viu laminat pînă la 0,5 kgf/cm² şi răcit cu condensat pînă la 125—140°C. Reglarea aburului la labirinţi se făcea manual şi necesita o supraveghere permanentă din partea personalului de exploatare. Cu toate acestea se produceau variaţii mari de presiune şi temperatură a aburului spre labirinţi.

Din această cauză labirinţii turbinei au fost alimentaţi din conducta de egalizare pe partea de abur a degazorilor de 6 ata printr-un racord din ţeavă Ø 57 × 3 OLT — 35.

Presiunea la degazori se menţine cu ajutorul regulatorului automat de presiune. Pentru menţinerea presiunii aburului s-a montat un ventil de reglaj acţionat de o coloană TKTI. Ventilul de reglaj (fig. 3) a fost confecţionat în atelierele centralei prin modificarea unui ventil obişnuit de Ø 50.

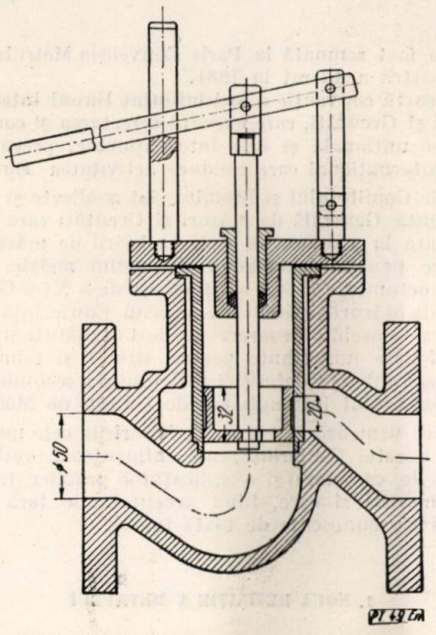


Fig. 3.

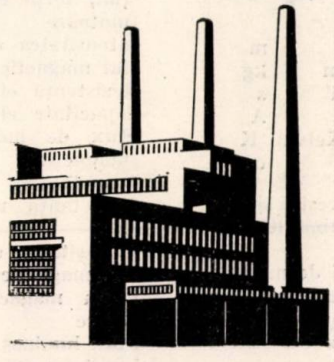
Temperatura aburului redus se reglează după pornirea turbinei şi se menţine la această valoare.

Prin automatizarea reglării aburului la labirinţi s-a realizat mărirea siguranţei de funcţionare a turbinei şi s-a redus postul de mecanic ajutor la toate turbinele. De asemenea utilizînd pentru labirinţii turbinei abur de 6 ata în locul aburului viu se obţin anual economii pe turbină de cca. 120 t.c.c.

Concluzii

Prin aplicarea acestor măsuri de utilizare raţională a aburului de potenţial scăzut în schema termică a turbinelor VK-50-1, CTE Paroşeni obţine economii de cca. 225.000 lei anual.

V. Căpăţînă



Cea de-a XI-a Conferinţă Generală de Măsuri şi Greutăţi

Paris — octombrie 1960

În 1875 a fost semnată la Paris Convenţia Metrului, la care ţara noastră a aderat în 1881.

Prin această convenţie a fost înfiinţat Biroul Internaţional de Măsuri şi Greutăţi, care execută cercetarea şi compararea etaloanelor naţionale şi cele internaţionale, precum şi un Comitet Internaţional care conduce activitatea Biroului.

Lucrările Comitetului şi Biroului sînt analizate şi aprobate de Conferinţa Generală de Măsuri şi Greutăţi care se întruneşte o dată la şase ani în vederea luării de măsuri corespunzătoare pentru dezvoltarea sistemului metric.

În luna octombrie 1960 a avut loc cea de-a XI-a Conferinţă Generală de Măsuri şi Greutăţi. Această Conferinţă prezintă un interes deosebit, deoarece au fost dezbătute şi adoptate rezoluţii foarte importante pentru ştiinţă şi tehnică, mai ales prin schimbarea definiţiei metrului şi a secundei şi prin fixarea Sistemului Internaţional de Unităţi de Măsură

În cele ce urmează se vor arăta hotărîrile cele mai importante ale acestei Conferinţe, care influenţează desfăşurarea activităţii de cercetare şi a aplicaţiilor practice tehnice în toate domeniile şi care, fiind acceptate de ţara noastră, trebuie să fie cunoscute de toată lumea.

1. NOUA DEFINIŢIE A METRULUI

a) Metrul este lungimea egală cu 1 650 763,73 lungimi de undă în vid ale radiaţiei corespunzînd tranziţiei între nivelele 2 p_{10} şi 5 d_5 ale atomului de Kripton 86.

b) Definiţia metrului în vigoare din 1889, care se bazează pe prototipul internaţional de platină iridiată, se abrogă.

c) Prototipul internaţional al metrului sancţionat de către prima Conferinţă Generală de Greutăţi şi Măsuri din 1889 va fi păstrat la Biroul Internaţional de Greutăţi şi Măsuri în condiţiile fixate în 1889.

2. NOUA DEFINIŢIE A SECUNDEI

„Secunda este fracţiunea 1/31 556 925,9747 a anului tropic pentru 1900 ianuarie 0 la ora 12 timpul din efemeride".

3. SISTEMUL INTERNAŢIONAL DE UNITĂŢI

Conferinţa Generală a XI-a ţinînd seama de hotărîrea Conferinţei Generale a X-a din 1954, prin care au fost adoptate şase unităţi de măsură fundamentale ca bază pentru stabilirea unui sistem practic de măsurat pentru relaţiile internaţionale, şi anume :

lungimea	metru	m
masă	kilogram	kg
timp	secundă	s
intensitatea de curent electric	amper	A
temperatura termodinamică	grade Kelvin	°K
intensitatea luminoasă	candela	cd

precum şi de necesitatea prescurtării denumirii acestui sistem şi de prefixele pentru formarea multiplilor şi submultiplilor unităţilor, hotărăşte :

— sistemul bazat pe cele şase unităţi de bază de mai sus se desemnează sub denumirea de Sistem Internaţional de Unităţi ;

— prescurtarea internaţională a denumirii acestui sistem este „S. I." ;

— denumirile multiplilor şi submultiplilor unităţilor sînt alcătuite cu ajutorul următoarelor prefixe :

Factorul prin care se multiplică unitatea	Prefixe	Simbol
$1\,000\,000\,000\,000 = 10^{12}$	tera	T
$1\,000\,000\,000 = 10^{9}$	giga	G
$1\,000\,000 = 10^{6}$	mega	M
$1\,000 = 10^{3}$	kilo	k
$100 = 10^{2}$	hecto	h
$10 = 10^{1}$	deca	da
$0{,}1 = 10^{-1}$	deci	d
$0{,}01 = 10^{-2}$	centi	c
$0{,}001 = 10^{-3}$	mili	m
$0{,}000\,001 = 10^{-6}$	micro	μ
$0{,}000\,000\,001 = 10^{-9}$	nano	n
$0{,}000\,000\,000\,001 = 10^{-12}$	pico	p

În acest sistem se folosesc unităţile de mai jos, fără prejudicierea altor unităţi care ar putea fi adăugate în viitor.

Unităţi suplimentare

Unghi plan	radian	rad	
Unghi solid	steradian	sr	

Unităţi derivate

Suprafaţă	metru pătrat	m^2	
Volum	metru cub	m^3	
Frecvenţă	hertz	Hz	l/s
Masă de volum (densitate)	kilogram pe metru cub	kg/m^3	
Viteză	metru pe secundă	m/s	
Viteză unghiulară	radian pe secundă	rad/s	
Acceleraţie	metru pe secundă la pătrat	m/s^2	
Acceleraţie unghiulară	radian pe secundă la pătrat	rad/s^2	
Forţă	newton	N	$kg.m/s^2$
Presiuni (tensiunea mecanică)	newton pe metru pătrat	N/m^2	
Viscozitate dinamică	newton-secundă pe metru-pătrat	$N.s/m^2$	
Viscozitate cinematică	metru pătrat pe secundă	m^2/s	
Lucru mecanic, energie, cantitate de căldură	joul	J	N.m
Putere	watt	W	J/s
Cantitate de electricitate	coulomb	C	A.s
Tensiune electrică, diferenţă de potenţial, forţă electromotoare	volt	V	W/A
Intensitatea cîmpului magnetic	volt pe metru	V/m	
Rezistenţă electrică	ohm	Ω	V/A
Capacitate electrică	farad	F	A.s/V
Flux de inducţie magnetică	weber	Wb	V.s
Inductanţă	henry	H	V.s/A
Inductanţă magnetică	tesla	T	Wb/m^2
Intensitatea cîmpului magnetic	amper pe metru	A/m	
Forţa magnetomotoare	amper	A	
Flux luminos	lumen	lm	cd.sr
Luminiscenţă	candela pe metru pătrat	cd/m^2	
Iluminare	lux	lx	lm/m^2

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.311.13

N. Gheorghiu : **Новая распределительная система высокого напряжения для электрификации сел с использованием промежуточного напряжения в 1 kV.**

В статье описывается новая распределительная система для электрификации сел, предложенная и используемая автором впервые у нас в стране при электрификации села Хэлкиу Брашовской области и распространенная в настоящее время в широком масштабе.

Energetica 9 (1961) № 2, стр. 41–47

ДК 621.311.22 : 004.1

C. Dinulescu : **Испытания по скоростному пуску энергетических агрегатов на ТЭЦ.**

Статья дополняет последними результатами румынский опыт по скоростному пуску котлов и больших турбин на ТЭЦ-ах. В двух предыдущих статьях № 7/1960 и № 1 (1961) былиопубликованы первые результаты, которые существенно улучшены, данными приведенными в настоящей статье.

Energetica 9 (1961) № 2, стр. 47–51

ДК 621.3.072.7/8.001.24

V. Ionescu : **Новые аспекты автоматического регулирования частоты и активной мощности энергетических систем.**

Автор приводит систему регулирования частоты и активной мощности, называемую ,,фаза-мощность", рассматривая как аналитические, так и конструктивные аспекты. Показана возможность проведения расчетов динамического режима и тот интерес, который представляет принятие такой системы регулирования для нашей страны.

Energetica 9 (1961) № 2, стр. 52–58

ДК 621.3.016.31.001.57

A. Semlyen : **Определение на модели оптимального распределения нагрузки между централями с учетом потерь в сети.**

Разбирается вопрос экономического оптимального распределения мощности между централями какой-либо системы, используя очень простой аналогичный исчислитель, предложенный автором.

Energetica 9 (1961) № 2, стр. 58–67

ДК 534.63 :621.165.001.24

D. Brebenel : **Использование явления резонанса для измерений козебаний лопастей паровых или газовых турбин.**

В статье анализируется физико-математический аспект явления резонанса, используемого в методе измерения колебания лопастей турбины, описанной в двух предыдущих работах (Энергетика 3/1960)

Energetică 9 (1961) № 2, стр. 68–73

ДК 621.316.92/93.004.2

D. Marc : **Относительно пересмотра правил и инструкций защиты от перенапряжений элетрических установок, имеющих напряжения свыше 1000 вольт.**

Автор вносит ряд предложений и излагает свою точку зрения относительно способа пересмотра правил защиты от перенапряжения.

Energetica 9 (1961) № 2 стр. 73–76

ИЗ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ДК 621.181.004.15

A. St. Paal : **Улучшение к.п.д. котлов старого типа в И.Р.Е. — Орадя.**

Energetica 9 (1961) № 2, стр. 77–78

ДК 621.165.004.15

V. Căpăţînă : **Увеличение экономичности турбинных установок VK–50-1.**

Energetica 9 (1961) № 2, стр. 78–79

ХРОНИКА, стр. 80

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.311.13

Gheorghiu, N. : **Ein neuartiges System der Hochspannungsversorgung ländlicher Gebiete unter Verwendung der Zwischenspannung von 1 kV.**

Es wird ein neues System der Elektrizitätsversorgung ländlicher Gebiete beschrieben, welches hierzulande erstmalig vom Verfasser für die Elektrifizierung der Ortschaft Hălciu (Region Braşov) vorgeschlagen und angewendet wurde und gegenwärtig in grösserem Rahmen ausgeweitet wird.

Energetica, 9 (1961) H. 2, S. 41–47

DK 621.311.22 : 004.1

Dinulescu, C. : **Versuche schnellen Anfahrens der Energieerzeuger in Dampfkraftwerken.**

Der Aufsatz verarbeitet die letzten im Land gemachten Erfahrungen auf dem Gebiet des schnellen Anfahrens grosser Kessel und Turbinen aus Wärmekraftwerken. Die in zwei vorausgehenden Veröffentlichungen (Energetica Hefte 7/1960 und 1/1961) mitgeteilten Ergebnisse werden durch die jetzt beschriebenen Versuche noch erweitert.

Energetica, 9 (1961) H. 2, S. 47–51

DK 621.3.s072.7/8.001.24

Ionescu, V. : **Betrachtungen über die selbsttätige Frequenz und Wirkleistungsregelung in Verbundnetzen.**

Der Verfasser untersucht die Frage der Frequenz- und Wirkleistungsregelung nach dem sogenannten Phasen-Leistung-Verfahren und weist auf die Bedeutung hin, welche die Inbetrachtziehung eines derartigen Regelsystems für die Verbundnetzregelung in der R.V.R. haben würde.

Energetica, 9 (1961) H. 2, S. 52–58

DK 621.3.016.31.001.57

Semlyen, A. : **Ermittlung der günstigsten Lastverteilung zwischen Kraftwerken, unter Berücksichtigung der Netzverluste, am Netzmodell.**

Die Frage der wirtschaftlich günstigsten Lastverteilung zwischen zusammenwirkenden Kraftwerken wird mit Hilfe eines einfachen vom Verfasser vorgeschlagenen Analogrechners untersucht.

Energetica, 9 (1961) H. 2, S. 58–67

DK 534.63 : 621.165.011.24

Brebenel, D. : **Anwendung von Resonanzerscheinungen bei Schwingungsmessungen von Dampf-und Gasturbinenschaufeln.**

Es werden die physikalisch-matematischen Zusammenhänge der Resonanzerscheinung untersucht, welche bei der vom Verfasser in zwei früheren Mitteilungen (Energetica 3/1960) entwickelten Schwingungsmessverfahren für Turbinenschaufeln angewendet wurde.

Energetica, 9 (1961) H. 2, S. 68–73

DK 621.316.92/93.004.2

Marc, D. : **Zur Revision der Vorschriften und Anweisungen für Überspannungsschutz von elektrischen Anlagen mit Spannungen über 1000 V.**

Der Verfasser macht eine Reihe Vorschläge über den Vorgang der erforderlichen Revision der Vorschriften für Überspannungsschutz, um diese auf den gegenwärtigen Stand der Technik zu bringen.

Energetica, 9 (1961) H. 2, S. 73–76

AUS DEN KRAFTWERKEN

DK 621.181.004.15

Paal, A. St. : **Verbesserungen des Wirkungsgrads der Kessel alten Bautyps des Elektrizitätswerks Oradea S.**

Energetica 9 (1961) H. 2, S. 77–78

DK 621.165.004.15

Căpăţînă, V. : **Erhöhung der Wirtschaftlichkeit der Turbosätze Type VK–05–1.**

Energetica, 9 (1961) H. 2, S. 78–79

CHRONIK, S. 80

SOMMAIRE

CD 621.311.13

N. Gheorghiu : **Un nouveau système de distribution de courant à haute tension pour électrifications rurales, utilisant la tension intermédiaire de 1 kV.**

L'auteur expose un nouveau système de distribution utilisé pour l'électrification rurale, proposé par l'auteur et introduit pour la première fois dans notre pays, à l'électrification du village Hălchiu, de la Région Braşov et étendu actuellement pour être utilisé sur une large échelle.

Energetica 9 (1961) no. 2, p. 41–47

CD 621.311.22 : 004.1

C. Dinulescu : **Essais portant sur le démarrage rapide des agrégats énergétiques dans les centrales électriques.**

L'auteur élargit, par les derniers résultats des essais, l'expérience roumaine acquise dans le domaine du démarrage rapide des grandes turbines et chaudières de nos centrales thermo-électriques. Dans deux articles antérieurs parus dans cette même revue (no. 7/1960 et no. 1/1961), on a publié les premiers résultats qui, par suite des essais décrits dans la présente étude, sont améliorés encore davantage.

Energetica 9.(1961), no. 2, p. 47–51

CD 621.3.072.7/8.001.24

V. Ionescu : **Nouveaux aspects en matière de régulation automatique de la fréquence et de la puissance active dans les systèmes énergétiques.**

L'auteur expose le système de réglage de la fréquence et de la puissance active, dénommé „phase-puissance" tout en examinant ses aspects analytiques et constructifs. Il signale la possibilité d'effectuer certains calculs des régimes dynamiques et tire certaines conclusions sur l'intérêt offert pour notre pays par la prise en considération d'un tel système de réglage.

Energetica 9 (1961) no. 2, p. 52–58

CD 621.3.016.31.001.57

A. Semlyen : **La détermination sur modèle réduit de la répartition optimum de la charge parmi les Centrales, compte tenu des pertes dans le réseau.**

L'auteur expose le problème de la répartition économiquement optimum entre les Centrales d'un système, en utilisant une calculatrice analogique très simple, proposée par l'auteur.

Energetica 9 (1961) no. 2, p. 58–67

CD 534.63 : 621.165.001.24

D. Brebenel : **L'utilisation du phénomène de la résonance à la mesure des vibrations des aubes des turbines à vapeur ou à gaz.**

L'article fait une analyse de l'aspect physique-mathématique du phénomène de la résonance utilisé dans la méthode de mesure des vibrations des aubes des turbines, décrite dans deux articles antérieurs (Energetica no. 3/1960).

Energetica 9 (1961) no. 2, p. 68–73

CD 621.316.92/93.004.2

D. Marc : **A propos de la revision des prescriptions et des instructions de protection contre les surtensions des installations électriques à tension en sus de 1 000 V.**

L'auteur fait une série de propositions et expose son propre point de vue au suj t de la manière, dont doivent être réactualisés les principes de protection contre les surtensions.

Energetica 9 (1961) no. 2, p. 73–76

NOUVELLES DE NOS EXPLOITATIONS

CD 621.181.004.14

A. St. Paal : **L'amélioration du rendement aux chaudières du vieux type de l'Entreprise Régionale d'Electricité, I.R.E. — Oradea.**

Energetica 9 (1961) no. 2, p. 77–78

CD 621.165.004.15

V. Căpăţînă : **L'accroissement de l'efficience économique des installations des turbines VK–50–1.**

Energetica 9 (1961) no. 2, p. 78–79

CHRONIQUE, p. 80

ORSZÁGOS MŰSZAKI KÖNYVTÁR 1883

CONTENTS

DC 621.311.13

N. Gheorghiu : **A new high tension distribution system using the intermediate tension of 1 kV designed for rural electrification.**

This paper describes a new distribution system employed in rural electrification suggested by the author and applied for the first time in our country – in electrifying the Hălchiu village (Braşov region) and actually intended for large scale utilization.

Energetica 9 (1961) no. 2, p. 41–47

DC 621.311.22 : 004.1

C. Dinulescu : **Tests on the rapid starting of power units in the electrical power stations.**

The latest results are given, which constitute an addition to the Rumanian experience in the field of rapid starting of large boilers and turbines in thermo-electrical stations. Two previous papers (nr. 7/1960 and. nr. 1/1961) contained the first data available, completed and improved as a result of the tests described in this paper.

Energetica 9 (1961) no. 2, p. 47–51

DC 621.3.072.72.7/8.001.24

V. Ionescu : **Some new aspects concerning the automatic regulating of frequency and active power in the power systems.**

The author discusses the regulating system of frequency and active power called „phase-power" examining both its analytical and constructive aspects.

The possibility is shown of calculating some dynamic working conditions and some conclusions drawn as to the interest of considering the use of this adjustment system in our country.

Energetica 9 (1961) no. 2, p. 52–58

DC 621.3.016.31.001.57

A. Semlyen : **Model determination of the optimum distribution of charge among the stations, taking into consideration the losses within the network.**

The problem is presented of the optimum economic distribution of power among the stations of a power system, by using a very simple analogical computer suggested by the author.

Energetica 9 (1961) no. 2, p. 58–67

DC 534.63 : 621.165.001.24

D. Brebenel : **Utilization of the resonance phenomenon in measuring the vibrations of blades in steam and gas turbines.**

The paper analyses the physical and mathematical aspect of the resonance phenomenon used by the method of measuring the vibrations of turbine blades, described in two previous papers (Energetica no. 3/1960).

Energetica 9 (1961) no. 2, p. 68–73

DC 621.316.92/93.004.2

D. Marc : **Revising the protection directions against over-voltage in electric installations with tension exceeding 1 000 V.**

The author makes some suggestions and expresses his opinion on the way in which protection instructions against over-voltage should be made actual again.

Energeitca 9 (1961) no, 2, p. 73–76

OPERATION ASPECTS

DC 621.181.004.15

A. St. Paal : **Improving the output of the old type boilers of the I.R.E. Oradea.**

Energetica 9 (1961) no. 2, p. 77–78

DC 621.165.004.15

V. Căpăţînă : **Increasing the economic efficiency of the VK–50–1 turbine installations.**

Energetica 9 (1961) no. 2, p. 78–79

CHRONICLE, p. 80

Tîrgul din Hanovra prezintă concomitent ofertele mai multor tîrguri concentrate în acelaşi spaţiu. În timp ce tîrgul general de mostre anterior era divizat într-o serie de tîrguri de specialitate, care aveau loc la date diferite, în prezent Hanovra, ţinînd pas cu necesităţile economiei mondiale moderne, a dezvoltat un nou tip de „tîrg industrial". Principiul de organizare constă într-o diviziune riguroasă pe ramuri de specialitate cu excluderea pavilioanelor naţionale.

Tîrgul industrial de mostre german HANOVRA

30 APRILIE — 9 MAI 1961

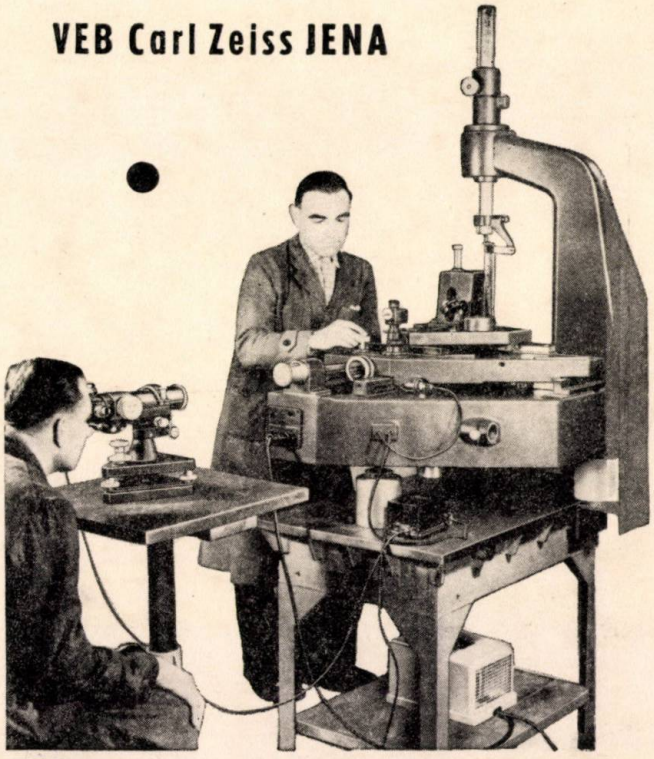
CARL ZEISS JENA

Telescop automat colimatic

- indispensabil la măsurarea precisă a direcţiilor mai cu seamă în construcţia de maşini.
- Adecuat la examinarea căilor de direcţie şi lagărelor,
  - determinarea suprafeţei plane,
    a erorilor la centrare,
    a îndoirii axelor.
  - De asemenea, poate fi întrebuinţat ca telescop pentru vizare.
    Puterea de mărire: 30x, valoarea scalei: 4x

Prospecte puteţi procura sub 24/516

VEB Carl Zeiss JENA



E 2039

R

KAT

REFERATIVA

ENERGETICA

3

Energetica — Vol. 9 — martie nr. 3/1961 — p. 81-124 — București

1961

Recomandări privind întocmirea articolelor tehnico-ştiinţifice

1. FONDUL ARTICOLELOR

1.1. **Lucrările** ce pot fi prezentate spre publicare sînt :

1.1.1. *de importanţă generală* (principii noi, dispoziţii noi, rezultate experimentale originale, studii teoretice inedite ale unor fenomene fizice şi procese tehnice cu caracter general) ;

1.1.2. *tehnico-ştiinţifice speciale, teoretice sau experimentale,* avînd contribuţii originale, dar referindu-se la un domeniu de specialitate restrîns (extinderea valabilităţii unor dispoziţii, aplicarea unor teorii sau metode cunoscute la o problemă nouă, rezultate experimentale inedite sau de control) ; discuţii şi critici ale unor rezultate cunoscute etc.).

1.2. **Legătura cu practica** muncii de cercetare, proiectare, învăţămînt, producţie, este condiţia esenţială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuţie trebuie să se refere la probleme noi şi actuale, de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde consideraţii privind eficienţa economică a soluţiilor. Se recomandă ca articolele să cuprindă propuneri de viitor.

1.3. **Verificarea experimentală** se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.

1.4. **Lucrările** care au mai fost publicate integral sau parţial nu pot fi trimise redacţie spre publicare.

2. FORMA ARTICOLELOR

2.1. **Organizarea lucrării**

2.1.1. *Titlul* va reprezenta în minimum de cuvinte, obiectul lucrării.

2.1.2. *Numele* autorului va fi precedat de prenume.

2.1.3. *Un scurt rezumat* fixînd premisele de la care s-a pornit, problema studiată şi cadrul în care este tratată, nedepăşind 6—8 rînduri, se va anexa lucrării.

2.1.4. *Împărţirea* pe capitole se va face cu cîteva subtitluri potrivit alese, în număr strict necesar pentru o expunere clară a ideilor şi înlesnirea orientării.

2.1.5. *Textul.* În introducere, se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei şi în preocupările producţiei ; de asemenea, se arată scopul lucrării, subliniindu-se expres contribuţia autorului. Tratarea va trebui să fie unitară, permiţînd inteligibilitatea fără dificultăţi a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstraţii voluminoase ; de asemenea, se va evita repetarea în text a ceea ce poate fi găsit în literatura publicată sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic-ilustrativ, tabele etc.

2.1.6. *Concluziile* vor concentra rezultatele obţinute, cu indicarea limitei de valabilitate şi aplicaţiile posibile

2.1.7. *Anexele* pot cuprinde demonstraţii originale sau absolut necesare înţelegerii formulelor din text ; de asemenea, în anexe se pot da exemple de calcul în cazul articolelor care necesită asemenea exemple.

2.1.8. *Citirea literaturii de specialitate.* Afirmaţiile luate din alte lucrări şi care nu sînt general cunoscute vor fi referite la lista bibliografică de la sfîrşitul lucrării. Referirea se face indicîndu-se poziţia lucrării în lista bibliografică, în paranteze drepte.

2.2. **Prezentarea lucrării**

2.2.1. *Nivelul* articolelor va fi înalt.

2.2.2. *Stilul.* Redactarea va fi clară şi concisă. Ortografia va fi în concordanţă cu regulile Academiei R.P.R. Nu se admit prescurtări cu excepţia celor unanim cunoscute.

(Continuare pe coperta III)

MŰSZAKI KÖNYVTÁR OSZTÁLYOS 1883

ENERGETICA

ANUL 9 Nr. 3 MARTIE 1961

CUPRINS

CZ 621.316.1 : 621.3.051 : 538.551.001.2

Dimo P. și *Moraite G.* : **Analiza unui sistem electroenergetic complex cu patru centrale, prin metoda nodală a curenților la scurtcircuit**

În prezentul studiu se rezumă analiza pe cale grafică, fără nici un mijloc special al unui sistem energetic complex cu patru generatoare echivalente, urmărindu-se variația în timp a valorilor mărimilor care intervin într-un proces dinamic provocat de un scurtcircuit în diversele noduri ale rețelei —

Energetica, 9 (1961) nr. 3, p. 81–93

CZ 662.68 :662.87 : 662.61.001.5

Ungureanu C. : **Unele rezultate cu privire la distribuirea jeturilor pe secțiune la injectoare pneumatice**

Pe baza generalizării datelor experimentale în ceea ce privește pulverizarea combustibilului lichid cu ajutorul injectoarelor pneumatice de joasă presiune, s-au obținut formule care dau posibilitatea calculării densității de stropire într-o secțiune perpendiculară pe axa longitudinală a curentului. Pentru cazurile concrete arătate s-au obținut coeficienții numerici respectivi. Rezultatele cercetării sînt importante pentru studiul formei flăcării și prin urmare a umplerii focarului, la diferite distanțe de gura injectorului și pentru diferite viteze ale fluxului.

Energetica, 9 (1961) nr. 3, p. 94–100

CZ 621.891/2.004.1

Szekely L. : **Tendințe actuale în aprecierea calității uleiurilor de ungere**

Se arată care este importanța analizelor fizico-chimice la uleiurile lubrifiante. Se scot în evidență deficiențele unor metode de analiză aplicate la noi, făcîndu-se propuneri pentru completarea acestora.

Energetica, 9 (1961) nr. 3, p. 101–105

DISCUȚII

CZ 621.3016.25

Vladimir N. : **Unele precizări relative la definirea echipamentului energetic al puterii reactive în cazul utilizării condensatoarelor statice**

Se aduc unele precizări relative la definirea echivalentului energetic al puterii reactive, arătîndu-se totodată cîteva inexactități din literatură la problema în cauză.

Energetica, 9 (1961) nr. 3, p. 106–110

CZ 621.3016.25

Mihăileanu C. : **Observații cu privire la lucrarea ing. Vladimir N. intitulată : „Unele precizări relative la definirea echivalentului energetic al puterii reactive în cazul utilizării condensatoarelor statice"**

Se fac observații critice la articolul publicat în același număr de ing. Vladimir N. cu privire la echivalentul energetic al puterii reactive. Se fac precizări asupra definiției acestei mărimi, precum și asupra prevederilor din instrucțiunea nr. 58–55 a fostului MEEIE

Energetica, 9 (1961) nr. 3, p. 110—114

DIN EXPLOATARE

CZ 621.311.22 : 531.73 :662.753.3

Balogh I. : **Încercările efectuate la I.R.E. Oradea pentru aplicarea contoarelor volumetrice la măsurarea consumului de păcură**

Energetica, 9 (1961) nr. 4, p. 114—116

ENERGETICA PESTE HOTARE

CZ 621.315.05 : 621.316.26.002 (47)

Constantinescu E. : **Tendințe și realizări noi în domeniul liniilor și stațiilor de înaltă tensiune în U.R.S.S.**

Energetica, 9 (1961) nr. 4, p. 116–121

RECENZII, p. 121–123

CRONICĂ, p. 124

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. ing. **I. D. STANCESCU**, redactor responsabil, conf. ing. **C. MIHAILEANU**, redactor responsabil adjunct, conf. ing. **I. A. BADEA**, prof. ing. **M. BERCOVICI**, membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, ing. **M. COGALNICEANU**, conf. ing. **E. CONSTANTINESCU**, ing. **P. DIMO**, laureat al Premiului de Stat, prof. ing. **C. DINCULESCU**, membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. **I. V. HERESCU**, conf. ing. **N. MOLDOVEANU**, prof. ing. **C. PENESCU**, ing. **T. POPA**, ing. **S. SĂNDULESCU** și ing. **P. VICOL**

Revista „**ENERGETICA**", organ al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. și al Ministerului Industriei Minelor și Energiei Electrice. Redacția și administrația: București, Str. Ion Ghica Nr. 3 Raion Tudor Vladimirescu, Telefon 14.15.95—14.06.24. Revista este editată de A.S.I.T. — Abonamentele se primesc la administrația revistei, la sediul filialei A.S.I.T. din întreaga țară și prin responsabilii cu presa din cercurile A.S.I.T. —. Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinete tehnice în contul nostru de virament: Publicațiile Tehnice A.S.I.T. 070124 B.R.P.R. Filiala I. V. Stalin — București — Tarif pentru întreprinderi: lei 100 anual. Tarif pentru muncitori, tehnicieni și ingineri: lei 30 anual — Prețul unui exemplar: lei 5 — Tiparul: Intreprinderea Poligrafică Nr. 2, București

ENERGETICA

ANUL 9
1961
Nr. 3
MARTIE

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.
ȘI AL MINISTERULUI MINELOR ȘI ENERGIEI ELECTRICE

Analiza unui sistem electroenergetic complex cu patru centrale, prin metoda nodală a curenților de scurtcircuit (soluția grafică)

PAUL DIMO și *GEORGE MORAITE*

Problema analizei rețelelor complexe devine deosebit de importantă pentru sistemul nostru energetic care odată cu dezvoltarea sa impune studii mai detaliate, mai cuprinzătoare a regimurilor de funcționare, studii care să țină seama de toți factorii principali care intervin în problema cercetată. În același timp fenomenele devin mai complexe, iar calculele devin din ce în ce mai laborioase.

Procedeul de analiză a rețelelor complexe prin reprezentarea nodurilor cu ajutorul curenților de scurtcircuit, procedeu expus într-o lucrare recentă [1] oferă o serie de avantaje, care au fost menționate. Exemplul de calcul expus în lucrarea la care ne referim reproducea pe cale grafică un calcul analitic cunoscut făcut pe căi obișnuite. În aceste căi de analiză azi clasice, în reprezentările grafice corespunzătoare, nodurile reprezentate sînt de fapt niște puncte fictive (capetele reactanțelor în interiorul generatorului echivalent respectiv). Din această cauză domeniul problemelor analizate este relativ restrîns deoarece nu se obține din calcul nici o informație asupra funcționării nodurilor reale. Dacă însă nodurile analizate reprezintă chiar puncte reale în care avem sarcini importante sau la care sînt legate direct generatoare a căror comportare vrem să o urmărim, concluziile rezultate în cercetare sînt mult mai bogate și mai interesante. Acesta este motivul care ne-a determinat să expunem un nou exemplu de calcul în care aplicînd procedeul de analiză nodală utilizînd curenții de scurtcircuit, să rezulte în mai mare măsură posibilitățile pe care le oferă această cale nouă de abordare a unor probleme foarte actuale pentru studiul sistemelor electromagnetice. Exemplul care urmează se adresează celor care doresc să utilizeze această metodă în aplicarea ei pe cale grafică. Exemplul ales este un caz simplu însă posedă toate elementele cazurilor celor mai complexe.

1. Datele de bază și problemele examinate

În analiza problemelor pe care le vom indica în cele ce urmează, sarcinile au fost reprezentate printr-o impedanță: $P = p\,U^2$ și $Q = q\,U^2$ unde p și q sînt constante, de natura admitanței. În obținerea schemei electrice de principiu (fig. 1), sarcinile din diferite noduri ale sistemului au fost aruncate la cele două noduri, *1* și *2*, după legea momentelor.

În analiza regimului dinamic nu s-a ținut seamă de inerția sarcinii. În fig. 2 este redată schema cu reactanțe de secvență directă, valorile impedanțelor fiind exprimate în unități

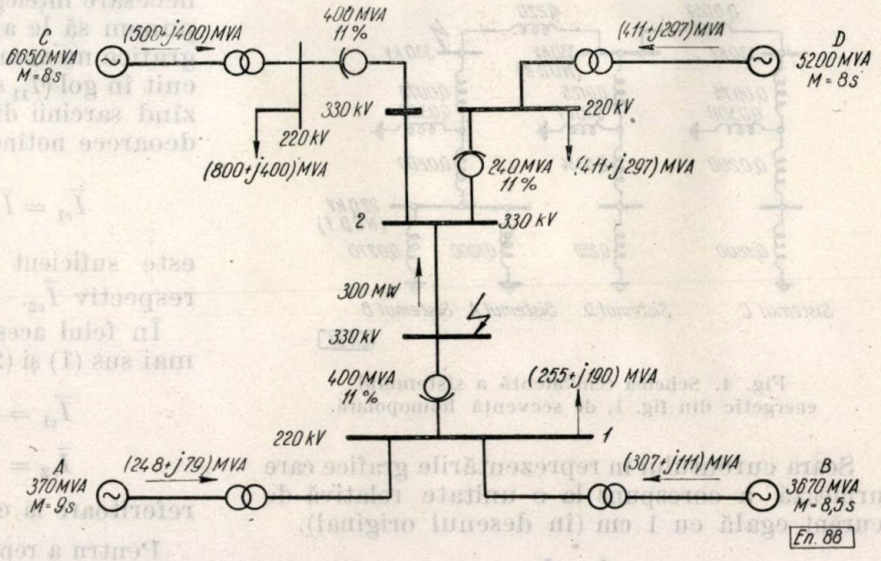


Fig. 1. Schema electrică de principiu a sistemului energetic analizat, cu patru generatoare echivalente.

relative la puterea de bază de 100 MVA. În aceeași schemă sînt indicate și valorile relative ale tensiunilor electromotoare ale generatoarelor echivalente și tensiunilor în nodurile rețelei, admițînd tensiunea $U = 1\underline{|0}$ în punctul unde

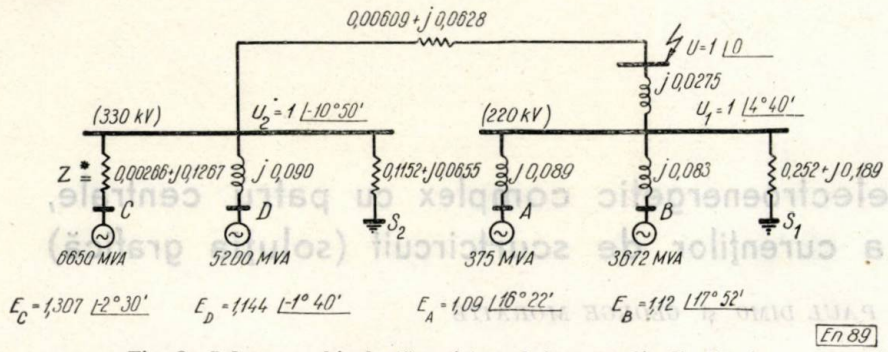


Fig. 2. Schema echivalentă a sistemului energetic din fig. 1, de secvență directă.

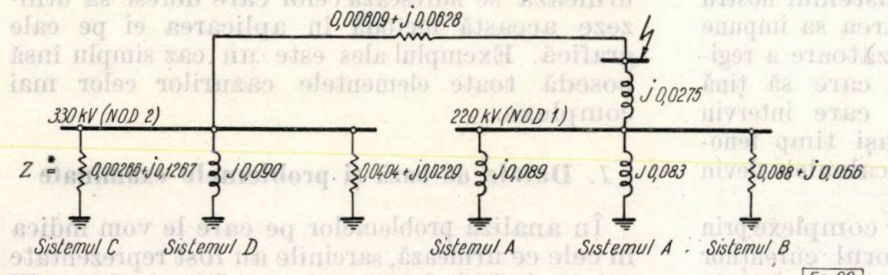


Fig. 3. Schema echivalentă a sistemului energetic din fig. 1, de secvență inversă.

am presupus că are loc scurtcircuitul bifazat cu pămînt, al cărui regim tranzitoriu îl vom analiza mai jos.

Pentru calculul șuntului echivalent scurtcircuitului bifazat cu pămînt se indică și schema cu impedanțe de secvență inversă (fig. 3) și cea cu reactanțe de secvență homopolară (fig. 4).

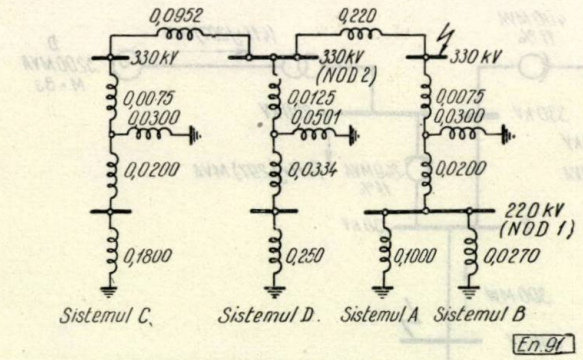


Fig. 4. Schema echivalentă a sistemului energetic din fig. 1, de secvență homopolară.

Scara curentului în reprezentările grafice care urmează a corespuns la o unitate relativă de curent egală cu 1 cm (în desenul original).

* * *

Situația care se examinează este interconexiunea între nodul *1* și *2* și funcționarea sistemului privită din cele două noduri, în diverse ipoteze de schimb de putere.

Problemele examinate sînt :

a) Reglajul de tensiune în nodurile *1* și *2* (consecința interconexiunii).

b) Reglajul puterilor de schimb și al frecvenței (consecința interconexiunii).

c) Un regim dinamic care urmează unui scurtcircuit pe linia de interconexiune.

2. Determinarea curenților de scurtcircuit în nodurile *1* și *2*, necesari reprezentărilor grafice

Pentru determinarea curenților de scurtcircuit vom utiliza relațiile (3) și (4) din lucrarea citată :

$$Iw_1 = I_{21} \sin(\delta_{21}+\alpha_{21}) + I_{31} \sin(\delta_{31}+\alpha_{31}) + I_{n1} \sin(\delta_{n1}+\alpha_{n1}) - I_{11} \sin \alpha_{11}. \quad (1)$$

$$I_{d1} = I_{21} \cos(\delta_{21}+\alpha_{21}) + I_{31} \cos(\delta_{31}+\alpha_{31}) + I_{n1} \cos(\delta_{n1}+\alpha_{n1}) - I_{11} \cos \alpha_{11}. \quad (2)$$

Notînd cu A, B, C și D cele patru generatoare echivalente și cu *1*, *2* cele două noduri (fig. 1), notațiile se vor schimba, devenind I_{A1}, I_{B1} în loc de I_{21}, I_{31} etc. În același mod se vor modifica și notațiile pentru unghiuri cu mențiunea specială că în cele de mai jos s-a notat cu γ mărimile notate în relațiile de mai sus cu α.

2.1. Curenții de scurtcircuit referitori la nodul 1. Nu vom reproduce pe grafic decît elementele necesare înțelegerii problemelor pe care ne propunem să le analizăm. Pentru acest motiv pe grafice nu vom mai figura curentul de scurtcircuit în gol (I_{11} sau I_{22}) și nici curentul corespunzînd sarcinii din nodurile respective (I_1 și I_2), deoarece notînd cu

$$\bar{I}_{e1} = \bar{I}_{11} + \bar{I}_1 \text{ și } \bar{I}_{e2} = \bar{I}_{22} + \bar{I}_2, \quad (3)$$

este suficient să reprezentăm numai pe $\bar{I}_{e1}$ respectiv $\bar{I}_{e2}$.

În felul acesta folosind cele două relații de mai sus (1) și (2) putem scrie relațiile :

$$\bar{I}_{e1} = \bar{I}_{A1} + \bar{I}_{B1} + \bar{I}_{C1} + \bar{I}_{D1} \quad (4)$$

$$\bar{I}_{e2} = \bar{I}_{A2} + \bar{I}_{B2} + \bar{I}_{C2} + \bar{I}_{D2} \quad (5)$$

referitoare la cele două noduri *1* și *2*.

Pentru a reprezenta nodul *1* se ia ca direcție a axei ordonatelor faza tensiunii U_1 a nodului *1*. Unghiurile δ_{21}, δ_{31} etc., care intervin

în relațiile de mai sus le notăm cu δ_{A1} și δ_{B1} și sînt egale cu $\delta_A - \delta_1$ respectiv cu $\delta_B - \delta_1$ (δ_1 fiind argumentul tensiunii U_1). Rezultă astfel, înlocuind valorile numerice indicate în fig. 2 :

$$\delta_{A1} = 16°22' - 4°40' = 11°42' \text{ și } \delta_{B1} = 13°12'$$

Unghiurile γ definite de relația $\operatorname{tg}\gamma = \frac{R}{X}$ referitoare la Y_{1A} și Y_{1B} sînt egale cu zero căci legătura generatoarelor A și B la nodul *1* se face prin simple reactanțe ($R = 0$).

În felul acesta se obțin următoarele valori pentru curenții de scurtcircuit ai nodului *1*, produși de generatoarele legate direct :

$$\bar{I}_{A1} = \bar{E}_A \bar{Y}_{1A} = 1{,}09 \cdot \frac{1}{0{,}089} \underline{|11°42'} = 12{,}25 \underline{|11°42'}$$

$$\bar{I}_{B1} = 13{,}50 \underline{|13°12'}.$$

Pentru a determina curenții de scurtcircuit care provin de la generatoarele C și D pentru nodul *1*, va trebui să stabilim valorile admitanțelor de transfer Y_{C1} și Y_{D1}. Valorile acestor admitanțe le determinăm prin metodele cunoscute, aplicînd tensiunea $\bar{U} = 1|0$ în nodul *1* și calculînd curenții care trec prin ramurile C și D ale nodului *2* (în rețeaua pasivă, cu t.e.m. $\bar{E}_A = \bar{E}_B = \bar{E}_C = \bar{E}_D = 0$). În felul acesta rezultă $\bar{Y}_{C1} = \frac{\bar{I}_C}{\bar{U}}$ etc. Cu datele inițiale specificate în fig. 2, rezultă :

$$\bar{I}_{C1} = 3{,}275 \underline{|-14°14'}$$

$$\bar{I}_{D1} = 4 \underline{|-15°}$$

Pentru a verifica aceste patru rezultate, să calculăm valoarea curentului de scurtcircuit total, referitor la nodul *1*, care este suma vectorială a celor patru vectori determinați mai sus :

$$\bar{I}_{e1} = \bar{I}_{11} + \bar{I}_1 = \bar{U}_1 \bar{Y}_{1t} = 32{,}40 \underline{|6{,}4°} \text{ unde } Y_{1t}$$

corespunde impedanței Z_{1t} care rezultă în cazul cînd, în rețeaua pasivă, reducem toate impedanțele schemei, inclusiv cea care reprezintă sarcina, la nodul *1*.

Valorile mărimilor determinate mai sus trebuie să satisfacă relația (4).

2.2. Curenții de scurtcircuit referitori la nodul 2. În același mod ca mai sus, obținem următoarele valori pentru curenții de scurtcircuit care corespund generatoarelor legate direct la nodul *2* :

$$\bar{I}_{C2} = 10{,}32 \underline{|8°50'}$$

$$\bar{I}_{D2} = 12{,}72 \underline{|9°17'}$$

precum și cele care corespund generatoarelor A și B :

$$\bar{I}_{A2} = 3{,}75 \underline{|26°}$$

$$\bar{I}_{B2} = 4{,}12 \underline{|27°32'}$$

În fine, curentul total de scurtcircuit referitor la nodul *2* rezultă ca fiind egal cu :

$$\bar{I}_{e2} = 30{,}6 \underline{|17°30'}$$

Valorile acestor mărimi trebuie să verifice relația (5).

Mărimile astfel determinate se reprezintă pe graficul din fig. 5 și 6.

În ceea ce privește scara tensiunilor, menționăm că aceasta se determină cu ajutorul relației :

$$\frac{Y_{1t} U_1 \cos\gamma_{11}}{Y'_{1t} U'_1 \cos\gamma'_{11}} = \frac{OS}{OS'} \text{ (pentru nodul 1)}, \quad (6)$$

unde mărimile de la numărător se referă la situația inițială (regimul normal de funcționare) iar cele de la numitor la situația modificată (de exemplu, în cazul scurtcircuitului, prin introducerea în schemă a șuntului echivalent defectului respectiv). În relația de mai sus γ_{11} reprezintă complementul argumentului impedanței Z_{1t}, iar OS reprezintă proiecția vectorului $\bar{Y}_{1t}\bar{U}_1$,

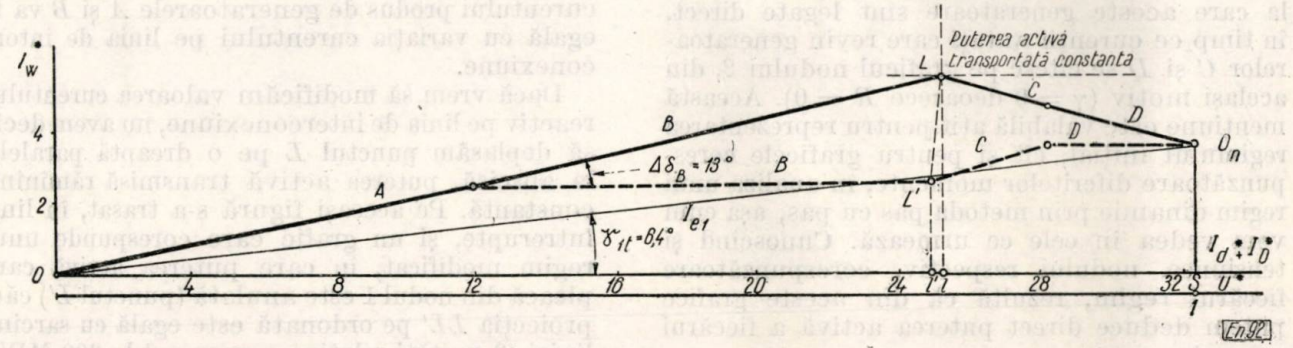


Fig. 5. Reprezentarea nodului *1* :

——— regimul inițial de funcționare ; — — — — regimul modificat prin descărcarea generatorului B și încărcarea generatoarelor C și D, tensiunea și sarcina nodului *1* rămînînd aceleași din regimul inițial. Vectorul $\overline{LL'}$ reprezintă curentul care circulă pe linie în regimul inițial.

dedus mai sus, pe axul în raport cu care a fost reprezentat.

Mărimile de la numitor au aceeași semnificație ca și cele de la numărător. Menționăm în plus că OS' este proiecția vectorului $\overline{Y}_{1t}\,\overline{U}_1$ pe un ax cu care acesta formează unghiul γ'_{1t}.

constante în nodul *1*. În acest caz (U_1 = constant) punctul *On* din fig. 5 rămîne fix pe grafic căci OS măsoară tensiunea U_1. OnS este de asemenea proporțional cu tensiunea U_1 dacă impedanțele sistemului nu se schimbă.

În acest caz, curentul care trece prin linia de

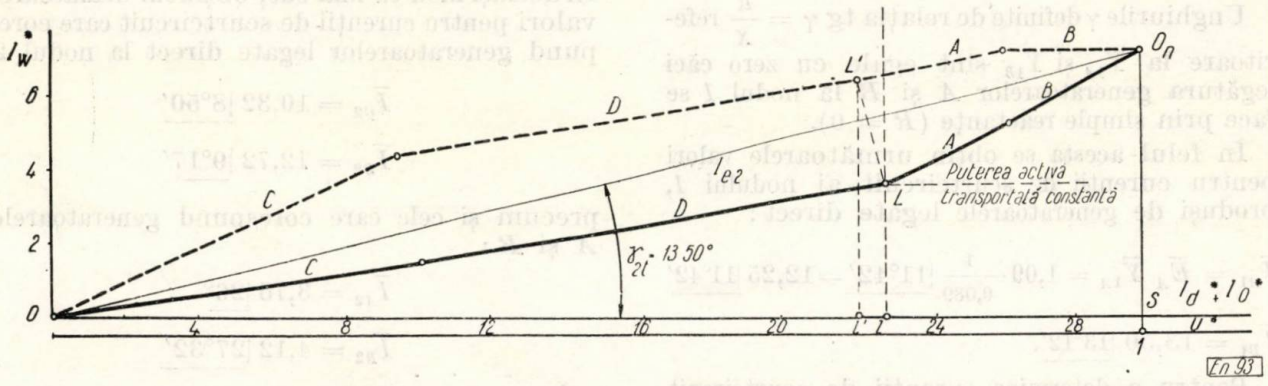


Fig. 6. Reprezentarea nodului *2* :

——— regimul inițial de funcționare; — — — — regimul modificat prin descărcarea generatorului *B* și încărcarea generatoarelor *C* și *D*, tensiunea și sarcina nodului *2* rămînînd aceleași din regimul inițial. Vectorul $\overline{LL'}$ reprezintă curentul care circulă pe linie în regimul inițial.

Din elementele calculate în modul cum s-a arătat mai sus, se cunosc valorile mărimilor Y_{1t}, U_1, γ_{1t}, Y'_{1t}, γ'_{1t}, iar valorile segmentelor OS și OS' se citesc direct pe grafic (fig. 8), așa încît rezultă ușor valoarea tensiunii U', diferită de U datorită modificării intervenite în regimul de funcționare (scurtcircuite, creșterea bruscă a consumului, deconectări de grupuri etc.). O relație analogă cu (6) ne dă tensiunea U_2 a nodului *2*.

Din relațiile generale (1) și (2) precum și din expresiile restrînse ale acestora, (3) și (4), rezultă următoarea remarcă importantă :

Curenții watați ai generatoarelor echivalente *A* și *B* se citesc direct pe graficul nodului *1*, la care aceste generatoare sînt legate direct, în timp ce curenții watați care revin generatoarelor *C* și *D* se citesc pe graficul nodului *2*, din același motiv ($\gamma = 0$ deoarece $R = 0$). Această mențiune este valabilă atît pentru reprezentarea regimului inițial, cît și pentru graficele corespunzătoare diferitelor momente, în analiza unui regim dinamic prin metoda pas cu pas, așa cum vom vedea în cele ce urmează. Cunoscînd și tensiunea nodului respectiv, corespunzătoare fiecărui regim, rezultă că din aceste grafice putem deduce direct puterea activă a fiecărui generator.

3. Reglajul tensiunilor generatoarelor echivalente *A*, *B*, *C* și *D* (sau pe liniile de legătură ale lor la nod) pentru a menține un nivel de tensiune prestabilit în nodurile *1* și *2*

Ne propunem să cercetăm regimurile variabile în ceea ce privește puterea transmisă de la nodul *1* spre *2*, în condițiile unei tensiuni

interconexiune va fi egal cu o parte din curentul debitat de generatoarele *A* și *B* legate direct la nodul *1*, și anume proporțional cu puterea absorbită de generatoarele *C* și *D*. Curentul watat total debitat de generatoarele *A* și *B* este reprezentat de suma proiecțiilor pe axul ordonatelor a vectorilor respectivi, cum am remarcat mai sus. O modificare a curentului watat a celor două generatoare poate fi reprezentată pe graficul din fig. 5 la care ne referim, deplasînd punctul *L* pe o dreaptă (Ll) paralelă cu axa ordonatelor.

Dacă punctul *On* este fix, aceasta înseamnă că sarcina totală din nodul *1* (reprezentată printr-o impedanță) rămîne constantă și variația curentului produs de generatoarele *A* și *B* va fi egală cu variația curentului pe linia de interconexiune.

Dacă vrem să modificăm valoarea curentului reactiv pe linia de interconexiune, nu avem decît să deplasăm punctul *L* pe o dreaptă paralelă la abscisă, puterea activă transmisă rămînînd constantă. Pe aceeași figură s-a trasat, în linii întrerupte, și un grafic care corespunde unui regim modificat, în care puterea activă care pleacă din nodul 1 este anulată (punctul L') căci proiecția LL' pe ordonată este egală cu sarcina liniei (3 unități relative corespund la 300 MW). Generatoarele *A* și *B* produc un curent capacitiv, în acest caz, care poate fi măsurat de proiecția pe axul absciselor a vectorului LL' (curentul total produs în nodul *1*).

În același mod ca mai sus s-a procedat și cu graficul care reprezintă nodul *2* (fig. 6) în care caz, de asemenea curentul capacitiv produs de generatoarele *C* și *D* poate fi măsurat de proiecția ll'.

Între pozițiile L și L' se poate trasa un număr infinit de regimuri, caracterizate prin :

1. Tensiunea și sarcina constantă în nodul *1* pentru graficul din fig. 5 și în nodul *2* pentru graficul din fig. 6.

2. Sarcina variabilă între 0 și 300 MW pe linia de interconexiune dintre nodurile *1* și *2*, cu toate variantele dorite în ceea ce privește sarcina reactivă corespunzătoare.

3. Repartiția puterilor într-un număr infinit de variante, pentru fiecare din regimurile care rezultă din analiza graficelor pentru nodurile *1* și *2*, în modul cum s-a procedat mai sus.

În toate aceste cazuri care pot fi cît de numeroase, se deduc valorile necesare ale tensiunilor electromotoare (în mărime și fază) ale generatoarelor echivalente, E_A, E_B, E_C și E_D, necesare menținerii constante a tensiunii în nodurile *1* și *2*. Aceste tensiuni electromotoare odată deduse, se poate trage o concluzie asupra reglajului necesar a fi introdus pe linia de legătură dintre bara sau nodul respectiv și bara A, B, C, D (bare fictive din spatele reactanțelor generatoarelor respective) unde s-a presupus că sînt aplicate aceste tensiuni.

De exemplu din regimul reprezentat prin linii întrerupte (punctul L') din fig. 5, rezultă :

— Acest regim presupune un curent $I_w = 0$ pe linia de interconexiune care pleacă din nodul *1*. Proiecția LL' pe ordonată este egală cu curentul care circula în regimul reprezentat prin linii pline ;

— Curentul dewatat capacitiv care este debitat pentru a compensa (în parte) efectul capacitiv al liniei, este măsurat de segmentul ll' ;

— Regimul generatorului A rămîne neschimbat ;

— Generatorul B trebuie să fie dezexcitat cu 5% (variația lungimii vectorului B, în fig. 5). Unghiul său intern trebuie să fie micșorat cu 13° adică puterea sa activă să fie redusă pînă la valoarea corespunzătoare (reducere cu 3 unități relative a puterii, ceea ce corespunde la 300 MW) ;

— Generatorul C trebuie să fie supraexcitat cu 6% iar generatorul D cu 0,5%. Unghiurile interne ale acestor două generatoare se modifică de asemenea cu 35° pentru C și cu 16° pentru D (se măsoară pe grafic). Din noile valori ale unghiurilor și tensiunilor electromotoare ale acestor două generatoare nu se pot însă deduce pe graficul din fig. 5 puterile respective, deoarece C și D nu sînt legate direct la nodul *1*. Aceste puteri pot fi calculate ușor din graficul nodului *2* (fig. 6).

Un alt exemplu de calcul grafic este dat în fig. 7.

În acest calcul grafic se cercetează efectul individual asupra tensiunii unui nod (nodul *1*), a variației excitației generatoarelor echivalente A, B, C și D.

Se face ipoteza simplificatoare că deocamdată, pentru examinarea efectului variației excitației, nu se utilizează și autotransformatoarele indicate în fig. 1 pentru reglajul tensiunii. Rezultatele vor servi și pentru aprecierea reglajului necesar pe fiecare ramură în cazul utilizării posibilității de reglaj a tensiunii cu ajutorul prizelor autotransformatoarelor.

Pentru aceasta se figurează pe grafic, în continuarea vectorului OO_n, vectorul care corespunde unei supraexcitări al cărei efect vrem să-l cunoaștem.

În felul acesta, în fig. 7 s-au figurat vectorii în fază cu $\overline{E}_A$, $\overline{E}_B$, $\overline{E}_C$, și $\overline{E}_D$ (din fig. 5) și egal cu 10% din valoarea inițială a fiecăreia din tensiunile electromotoare respective. În felul acesta rezultă următoarele creșteri ale tensiunii U_1 a nodului *1*, datorită variației excitației generatorului respectiv cu 10% :

În cazul t.e.m. E_A 3,7%

În cazul t.e.m. E_B 4%

În cazul t.e.m. E_C 1%

În cazul t.e.m. E_D 1,2%

Aceste valori împreună cu rezultatele obținute din analiza de mai sus a graficului din fig. 5 pot da o orientare asupra eficacității diferitelor sisteme de reglaj longitudinal sau transversal pe liniile care leagă barele fictive A, B, C și D cu nodurile *1* și *2*.

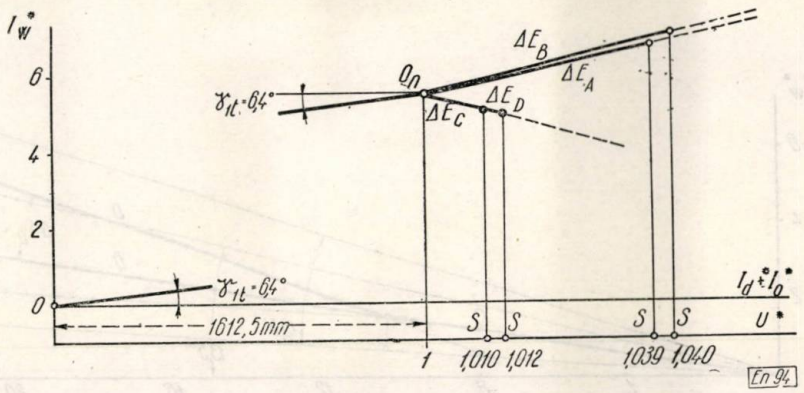


Fig. 7. Posibilitățile de reglaj al tensiunii nodului *1* plecînd de la regimul inițial de puteri.

4. Reglajul frecvenței și al puterii de schimb pe linia de interconexiune

În acest domeniu, utilizarea graficelor la care ne-am referit mai sus este de asemenea de o mare eficacitate. Determinarea imediată, prin

simpla transformare a unui grafic, a puterii transmise pe linie, datorită unei modificări a fazei oricăruia din generatoarele reprezentate pe grafic, reprezintă o indicație prețioasă în analiza unui sistem electroenergetic.

Astfel, în fig. 8 se poate vedea transformarea graficului referitor la nodul *1*, transformare pe

2. Rotorul generatorului *D* își modifică unghiul intern cu 10°, ceea ce corespunde unei rotații cu 10° efectuată în fig. 8.

3. Curentul de scurtcircuit rezultant $\overline{I}_{e1}$ devine, prin această modificare, $\overline{I}'_{e1}$ (vezi fig. 8). Lungimea sa crește cu 1% iar faza se modifică cu 1,3°, ceea ce se poate măsura pe figură.

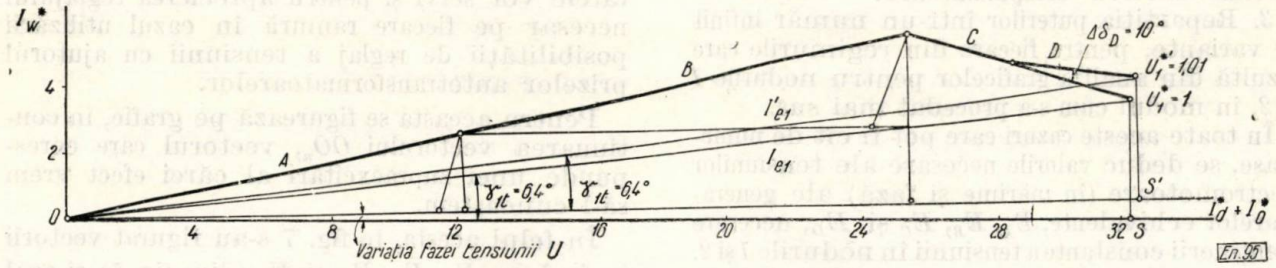


Fig. 8. Reglajul frecvenței de către generatorul *D*. Efectele asupra nodului *1* ale variației unghiulare a generatorului *D* ($\Delta\delta_D = +10°$).

care am realizat-o pentru a găsi modificarea puterii transmise din nodul *1* spre nodul *2*, transformare care constă din modificarea fazei generatorului *D* cu 10° (deci modificarea încărcării sale cu putere activă și reactivă). Această transformare este extrem de simplă și ea constă în a roti cu 10° vectorul I_{D1} ($\overline{Y}_{D1}\,\overline{E}_D$) notat cu *D* în fig. 8.

Deoarece toate admitanțele sistemului au rămas aceleași, unghiul vectorului rezultant $\overline{I}_{e1}$ ($\overline{U}_1\,\overline{Y}_{1t}$), care reprezintă curentul de scurtcircuit total, nu se schimbă în raport cu tensiunea U_1.

Rezultă deci că trebuie să modificăm graficul în felul următor :

Expresia sa fiind $\overline{I}'_{e1} = \overline{U}'_1\,\overline{Y}_{1t}$, rezultă că prin modificarea efectuată s-a schimbat și valoarea tensiunii nodului *1* (Y_{1t} rămînînd constant).

Putem acum trasa din nou axele noului grafic, pentru a avea axul ordonatelor în fază cu curentul watat și pentru a putea în felul acesta să citim ușor mărimile care se referă la nodul *1*, în această nouă situație. Astfel a rezultat noua axă a absciselor *OS'*.

Pe graficul transformat se citește o putere cu 45 MW (15%) mai redusă, transmisă de la nodul *1* spre nodul *2*, și o variație de fază de 1,3° a tensiunii nodului *1*.

În felul acesta s-a procedat și cu graficul nodului *2*, pentru aceeași rotire a vectorului *D* cu 10° (fig. 9).

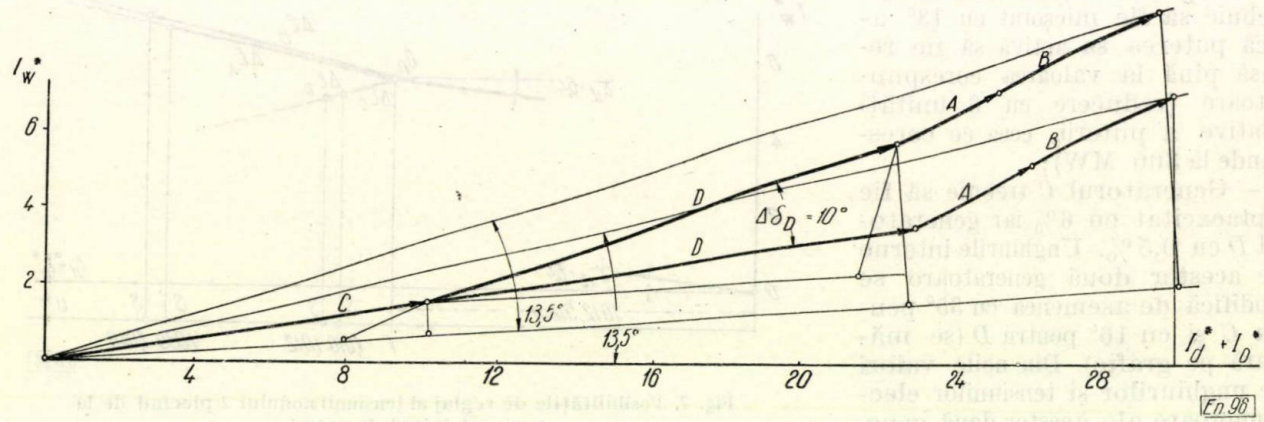


Fig. 9. Reglajul frecvenței de către generatorul *D*. Efectele asupra nodului *2* ale variației unghiulare a generatorului *D* ($\Delta\delta_D = +10°$).

1. Rotoarele generatoarelor *A*, *B*, *C* nu-și modifică faza, prin urmare vectorii corespunzători nu-și schimbă poziția pe care o aveau în fig. 5.

Acest calcul grafic s-a repetat și pentru alte variații unghiulare ale rotorului generatorului echivalent *D*, rezultatele fiind redate în tabela 1 (parțial) și în diagrama din fig. 10.

În felul acesta se poate analiza efectul schimbării de fază datorită variației unghiului intern al oricărui generator care reglează puterea de schimb (se poate determina deci faza tensiunilor în diversele noduri, valorile lor eficace, valorile puterilor transmise pe diferite linii etc.).

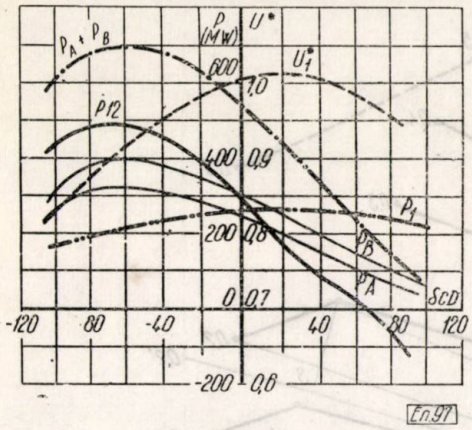


Fig. 10. Variația puterii active pe linia de interconexiune (P_{12}) a consumului de putere activă din nodul *1* (P_1) și a tensiunii din acest nod (U_1) în funcție de unghiul relativ al rotoarelor generatoarelor *C* și *D*.

Asemenea grafice pot fi utilizate cu multă eficacitate în analiza posibilităților de reglaj a diferitelor centrale reglante.

Remarcăm, de asemenea, că atît în problema reglajului tensiunii, cît și în problema susmenționată, graficele pot fi obținute cu ajutorul unui „analizor grafic", ceea ce aduce o mare simplificare în cazul transformărilor care nu mai trebuie desenate în acest caz.

Putem desena numai graficul referitor la situația pe care vrem să o analizăm în mod amănunțit.

5. Regimul dinamic care urmează unui scurtcircuit

Apariția scurtcircuitului. În regimul inițial, reprezentat în graficul din fig. 11 și 12 referitor la nodul *1* respectiv *2*, în care se transportă 300 MW pe linia de interconexiune *1—2*, se produce un scurtcircuit pe această linie, aproape de nodul *1* (vezi fig. 1). Scurtcircuitul bifazat cu punere la pămînt durează 0,2 secunde și este urmat de declanșarea trifazată a liniei, cele două părți ale sistemului energetic analizat rămînînd astfel separate timp de 0,3 s, după care urmează o reanclanșare, scurtcircuitul fiind îndepărtat.

Utilizînd procedeul analizei grafice, calculul se face cu următoarea succesiune a operațiilor :

a) Transformarea graficelor după apariția scurtcircuitului, pentru cele două noduri.

b) Citirea puterilor active pentru generatoarele *A* și *B* pe graficul nodului *1* (fig. 11) și pentru generatoarele *C* și *D* pe graficul nodului *2* (fig. 12).

Regimul cu scurtcircuit. Calculul deplasărilor unghiulare ale rotoarelor celor patru generatoare. Transformarea succesivă a graficelor pentru aceste deplasări unghiulare, cu citirea succesivă a puterilor active corespunzînd calculului pas cu pas. În toate aceste transformări ale graficelor nu se schimbă decît unghiurile vectorilor, deci fazele tensiunilor electromotoare considerate legate rigid de rotoare.

Tabela 1

Oscilațiile de puteri pe linia de 330 kV datorită variației fazei tensiunii generatorului D

Nr. crt.	Regimul de puteri	S (M V A)							U_1^*	U_2^*	$\Delta f_1^{*)}$ Hz	$\Delta f_2^{*)}$ Hz	Observații
		S_A	S_B	S_1	S_{12} pe linie	S_C	S_D	S_2					
1	inițial	248+j 79	307+j111	255+j190	300+j 0	155+j228	205+j145	656+j373	1	1	—	—	(vezi figura 8 și 9)
2	$\Delta\delta_D$=10° față de regimul inițial	234+j 77	281+j101	260+j192	255−j 14	82+j257	319+j130	656+j373	1,01	1	0,036	0,11	
3	$\Delta\delta_D$ = + 90° față de regimul inițial	42+j154	76+j194	230+j171	−112+j177	−357+j246	848−j210	379+j213	0,95	0,76	0,28	0,99	

*) Δf_1 respectiv Δf_2 sînt variațiile momentane ale frecvenței în cele două noduri, provocate de modificarea încărcării generatorului *D* apreciate din variațiile, deduse pe grafic, ale fazei tensiunii în cele 2 noduri.

Eliminarea scurtcircuitului

c) La timpul 0,2 s cînd se produce declanșarea trebuie să operăm o nouă transformare a celor două grafice, corespunzînd modificării admitanțelor sistemului datorită declanșării liniei.

d) Citirea puterilor ca la punctul *2* și transformarea succesivă a unghiurilor vectorilor.

Reanclanşarea liniei fără defect

e) La timpul 0,5 s, cînd se produce reanclanşarea liniei, se face ultima transformare a graficelor corespunzînd noilor admitanţe (fig. 13 şi 14).

trifazat cu pămînt introduce în schema echivalentă o impedanţă $Z_{sc}^{'} = 0{,}0146\ \boxed{86°50'}$, la barele de 330 kV unde are loc defectul.

f) Citirea puterilor ca la punctele *2* şi *4* şi repetarea operaţiilor pînă la timpul considerat suficient pentru indicaţiile dorite.

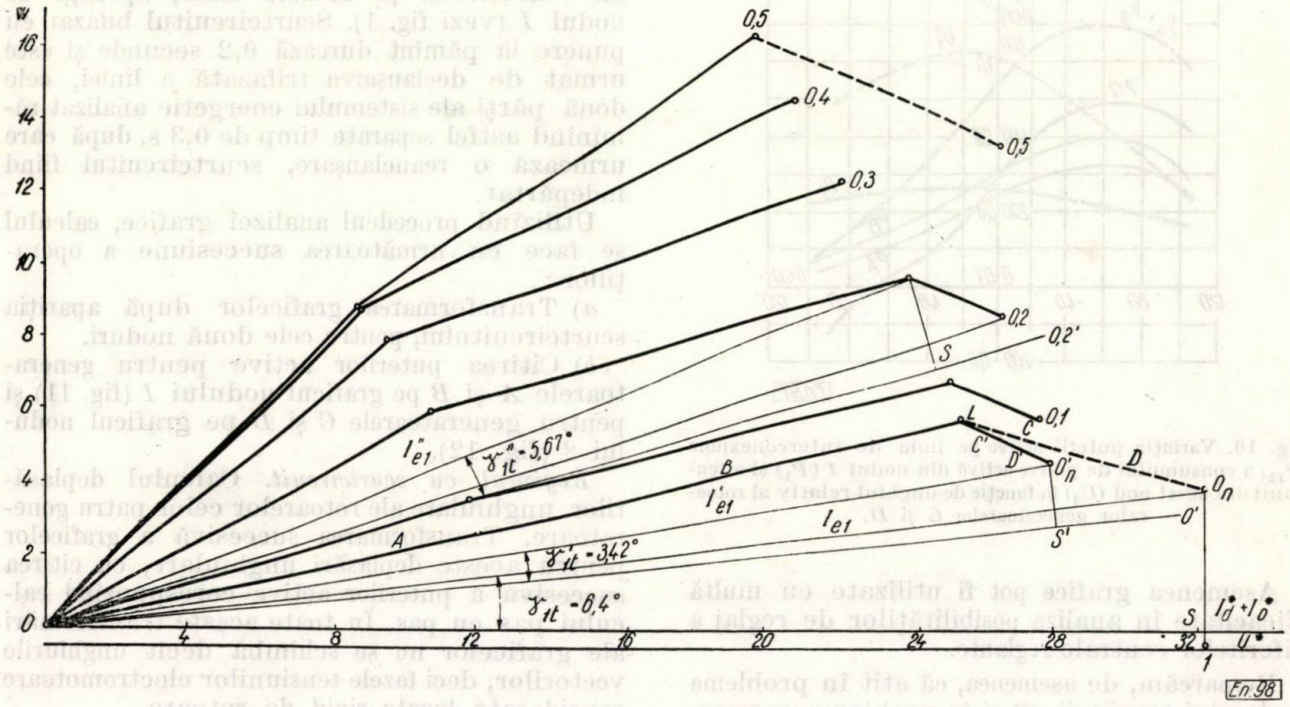


Fig. 11. Analiza regimului dinamic. Reprezentarea nodului *1*. 0—0,2 s : scurtcircuit ; 0,3—0,5 s : pauza de deionizare (dispar vectorii generatoarelor *C* şi *D*) ; $O - O_n$: regimul iniţial normal ; $O - O'_n$: regimul iniţial cu scurtcircuit.

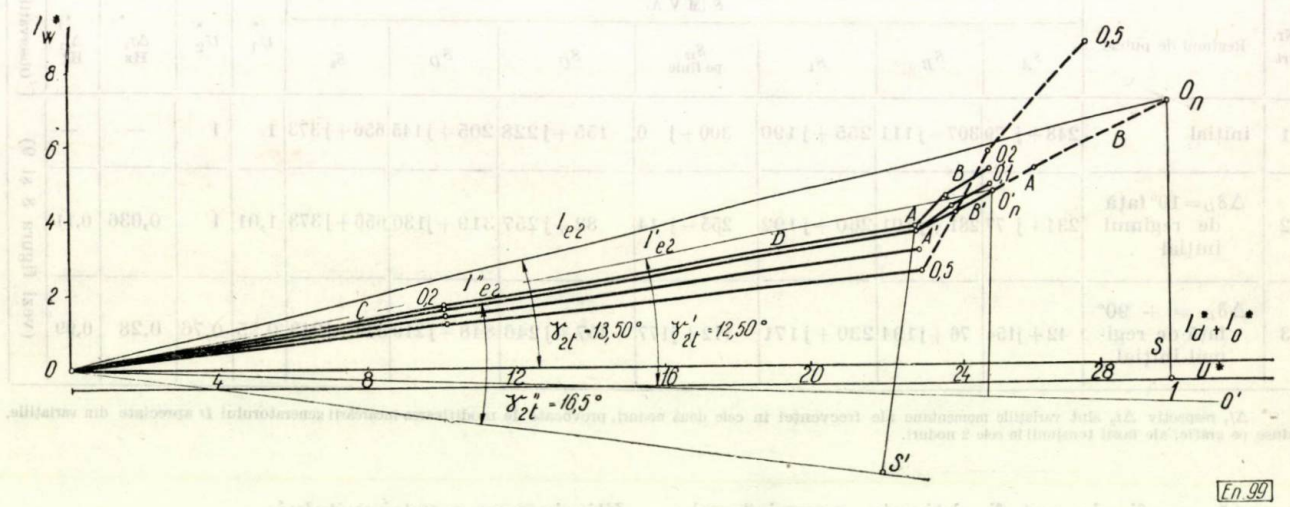


Fig. 12. Analiza regimului dinamic. Reprezentarea nodului *2*. 0—0,2 s : scurtcircuit ; 0,3—0,5 s : pauza de deionizare (dispar vectorii generatoarelor *A* şi *B*).

În tabela 2 sînt indicate valorile impedanţelor proprii şi reciproce corespunzînd celor trei faze ale procesului dinamic analizat. Scurtcircuitul

La sfîrşitul acestei operaţii se obţine o imagine completă a procesului fizic, aşa cum se vede în figurile de mai sus, din care rezultă concluzii

Tabela 2

Expresiile impedanţelor rezultante şi de transfer

Denumirea impedanţei	Expresiile impedanţelor		
	Intervalul 0—0,2 s (Durata scurtcircuitului)	Intervalul 0,2—0,5 s (deconectarea liniei cu defect)	După 0,5 s (reanclanşarea liniei fără defect)
Z_{11}	0,020 |86°35′	0,0397|84°20′	0,0309|83°36′
Z_{1A}	0,089 |90°	0,089 |90°	0,089 |90°
Z_{1B}	0,083 |90°	0,083 |90°	0,083 |90°
Z_{1C}	0,991 |104°10′	—	0,399 |97°30′
Z_{1D}	0,703 |105°20′	—	0,284 |98°40′
Z_{22}	0,0271|77°30′	0,042 |73°30′	0,0327|76°30′
Z_{2A}	0,940 |90°20′	—	0,291 |91°10′
Z_{2B}	0,875 |90°20′	—	0,272 |91°10′
Z_{2C}	0,1267|88°40′	0,1267|88°50′	0,1267|89°30′
Z_{2D}	0,090 |90°	0,090 |90°	0,090 |90°

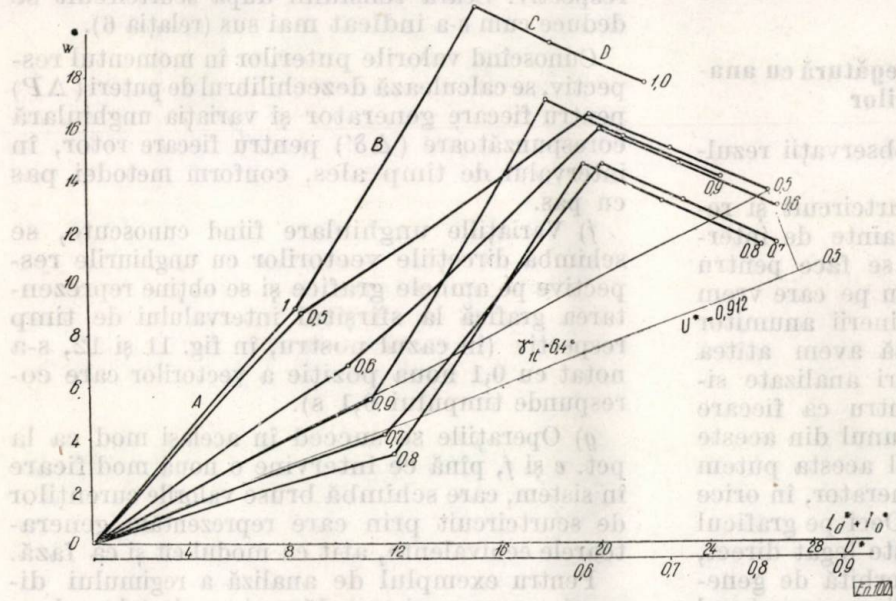


Fig. 13. Analiza regimului dinamic după reanclanşarea liniei fără defect (după 0,5 s). Reprezentarea nodului *1*. Regim stabil — linia frîntă *OOn* a generatoarelor echivalente oscilează.

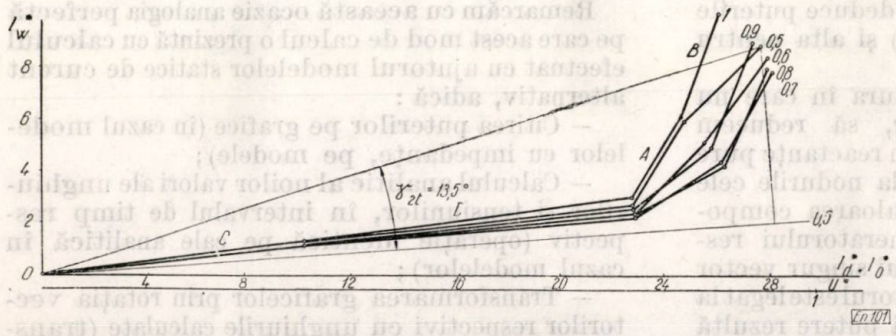


Fig. 14. Analiza regimului dinamic după reanclanşarea liniei fără defect (după 0,5 s). Reprezentarea nodului *2*. Regim stabil — linia frîntă *OOn* a generatoarelor echivalente oscilează.

bogate, o dată ce s-a cîştigat o oarecare obişnuinţă în vizionarea fenomenelor cu ajutorul acestor imagini.

6. Caracteristicile generale ale calculelor grafice de analiză a nodurilor

Calculele grafice sînt extrem de simple şi se reduc în fond la două tipuri de transformări grafice.

T i p u l *I* necesar operaţiilor indicate mai sus la punctele *a*, *c* şi *e*, care corespunde unei transformări a graficelor care urmează unei modificări a admitanţelor în schema echivalentă a sistemului energetic analizat.

T i p u l *II* necesar operaţiilor indicate mai sus la punctele *b*, *d* şi *f*, unde se modifică numai faza tensiunilor electromotoare ale generatoarelor.

P e n t r u t i p u l *I* transformarea graficelor se face în felul următor :

a) Se calculează pe cale analitică noua admitanţă totală a nodului reprezentat, notată mai sus cu Y_{1t} respectiv Y_{2t}. De asemenea se calculează toate admitanţele de transfer care se modifică faţă de situaţia iniţială.

Astfel, în cazul nostru trebuie să determinăm analitic valorile (de exemplu pentru nodul *1*) admitanţelor : $\overline{Y}_{C1}$, $\overline{Y}_{D1}$ şi $\overline{Y}_{1t}$. Admitanţele $\overline{Y}_{A1}$ şi $\overline{Y}_{B1}$ rămîn neschimbate după scurtcircuit (vezi tabela 2 de mai sus). Se determină din nou curenţii de scurtcircuit care se modifică, $\overline{I}_{C1}$ şi $\overline{I}_{D1}$, cu aceleaşi valori ale tensiunilor electromotoare ($\overline{E}_C$ şi $\overline{E}_D$) care rămîn constante tot timpul.

b) Pentru a determina graficul în noua sa reprezentare (de exemplu trecerea de la situaţia iniţială la cea corespunzînd scurtcircuitului) menţinem aceeaşi poziţie a vectorilor $\overline{I}_{A1}$ şi $\overline{I}_{B1}$, legaţi rigid de vectorii $\overline{E}_A$ şi $\overline{E}_B$ deoarece admitanţele respective de legătură la nodul 1 rămîn neschimbate. În raport cu aceşti vectori se modifică numai $\overline{I}_{C1}$ şi $\overline{I}_{D1}$ datorită faptului că $\overline{Y}_{C1}$ şi $\overline{Y}_{D1}$ au alte valori după producerea scurtcircuitului. $\overline{E}_C$ şi $\overline{E}_D$ se con-

sideră de asemenea constante de-a lungul întregului proces dinamic.

Putem deci trasa noii vectori C și D plecînd din punctul L, cu linii pline în fig. 11, spre deosebire de cei trasați cu linii întrerupte care se referă la regimul inițial, fără defect.

Prin urmare, datorită scurtcircuitului trifazat cu pămînt, vectorii C, D devin C' și D' în reprezentarea nodului *1*, iar vectorii A, B devin A' B' în reprezentarea nodului *2*.

Unghiul vectorului care reprezintă curentul total de scurtcircuit, $\overline{I}_{e1}$, respectiv $\overline{I}_{e2}$ este dat de admitanțele totale, $\overline{Y}_{t1}$ respectiv $\overline{Y}_{t2}$.

Pentru tipul *II* de transformări lucrurile sînt extrem de simple căci $\overline{Y}_{1t}$ ca și $\overline{Y}_{C1}$ și $\overline{Y}_{D1}$ rămîn neschimbați. Dacă nu ținem seamă de reglajul excitației, vectorii $\overline{E}_A$, $\overline{E}_B$, $\overline{E}_C$ și $\overline{E}_D$ și prin urmare și curenții de scurtcircuit respectivi reprezentați pe grafic prin vectorii A, B, C și D, rămîn de asemenea constanți ca modul, pentru tipul *II* de transformări.

Mersul operațiilor rezultă din cele menționate mai sus.

7. Observații și recomandări în legătură cu analiza grafică a nodurilor

Adăugăm la acestea cîteva observații rezultate din experiența noastră :

a) Calculele curenților de scurtcircuit și reprezentarea situației inițiale, înainte de intervenția unei schimbări brusce, se face pentru un număr de noduri necesare sau pe care vrem să le analizăm în vederea obținerii anumitor rezultate. Este indispensabil să avem atîtea reprezentări grafice (deci noduri analizate simultan) cîte sînt necesare pentru ca fiecare generator să fie legat direct la unul din aceste noduri, deoarece numai în felul acesta putem citi direct puterea pe fiecare generator, în orice moment al procesului dinamic. Deci pe graficul nodului la care un generator este legat direct, citim puterea debitată sau absorbită de generator, în timp ce pe celelalte grafice, generatorul respectiv contribuie numai la stabilirea valorii tensiunii în nod, ca modul și ca fază.

În cazul de față am avut nevoie numai de două reprezentări, una pentru a deduce puterile generatoarelor A și B (nodul *1*) și alta pentru generatoarele C și D (nodul *2*).

b) Este preferabil ca, în măsura în care nu afectează precizia rezultatelor, să reducem schema în așa fel încît să obținem reactanțe pure pentru legătura generatoarelor la nodurile cele mai apropiate. În acest caz, valoarea componentei active a curentului generatorului respectiv este dată de proiecția unui singur vector pe axul ordonatelor. Dacă generatorul este legat la nod printr-o impedanță, această putere rezultă din proiecția a doi vectori pe axul ordonatelor : curentul de scurtcircuit în sarcină I_1 și în gol I_{11}. În plus, este necesar în acest caz de a calcula pierderile de putere activă în impedanță (rI^2), valoarea curentului I rezultînd, de asemenea, din grafic. În exemplul ales, generatoarele au fost legate la nodurile *1* și *2*, în schema echivalentă, prin reactanțe pure.

c) O dată graficele întocmite pentru numărul necesar de noduri, se calculează din nou admitanțele necesare reprezentării nodurilor în noua situație care apare datorită schimbării brusce (în cazul nostru scurtcircuitul). Acest calcul se face pe cale analitică sau pe model.

d) Se modifică primele grafice ținînd seama de noile valori ale curenților de scurtcircuit, cum s-a procedat în graficele din fig. 11 și 12 ; punctul final al lanțului de vectori devine O'_n.

e) Se deduc din graficul nodului *1* puterile pentru generatoarele A și B și din graficul nodului *2* puterile pentru generatoarele C și D. Pentru aceasta se citește curentul watat (proiecția pe ordonată a vectorilor) și se multiplică cu valoarea tensiunii din nod, la momentul respectiv. Scara tensiunii după scurtcircuit se deduce cum s-a indicat mai sus (relația 6).

Cunoscînd valorile puterilor în momentul respectiv, se calculează dezechilibrul de puteri (ΔP) pentru fiecare generator și variația unghiulară corespunzătoare ($\Delta\delta'$) pentru fiecare rotor, în intervalul de timp ales, conform metodei pas cu pas.

f) Variațiile unghiulare fiind cunoscute, se schimbă direcțiile vectorilor cu unghiurile respective pe ambele grafice și se obține reprezentarea grafică la sfîrșitul intervalului de timp respectiv (în cazul nostru, în fig. 11 și 12, s-a notat cu 0,1 noua poziție a vectorilor care corespunde timpului 0,1 s).

g) Operațiile se succed în același mod ca la pct. *e* și *f*, pînă ce intervine o nouă modificare în sistem, care schimbă brusc valorile curenților de scurtcircuit prin care reprezentăm generatoarele echivalente, atît ca modul cît și ca fază.

Pentru exemplul de analiză a regimului dinamic expus mai sus dăm și rezultatele calculelor efectuate pentru fiecare interval, în tabela 3 (referitoare la nodul *1*) și în tabela 4 (referitoare la nodul *2*).

Remarcăm cu această ocazie analogia perfectă pe care acest mod de calcul o prezintă cu calculul efectuat cu ajutorul modelelor statice de curent alternativ, adică :

— Citirea puterilor pe grafice (în cazul modelelor cu impedanțe, pe modele) ;

— Calculul analitic al noilor valori ale unghiurilor și tensiunilor, în intervalul de timp respectiv (operație identică pe cale analitică în cazul modelelor) ;

— Transformarea graficelor prin rotația vectorilor respectivi cu unghiurile calculate (transformarea modelului prin schimbarea fazei tensiunii aplicate).

Nodul 1 *Tabela 3*

Specificație		Înainte de defect	În timpul defectului		Deconectarea liniei			Reanclanșarea liniei fără defect				
Timpul, s		0	0—0,1	0,1—0,2	0,2—0,3	0,3—0,4	0,4—0,5	0,5—0,6	0,6—0,7	0,7—0,8	0,8—0,9	0,9—1
A	I_{wA}	2,480	1,350	1,800	2,70	3,500	3,480	5,300	3,030	0,680	−0,300	0,700
	P_A	2,480	0,763	1,015	2,740	3,520	3,500	4,830	2,760	0,610	−0,263	0,612
B	I_{wB}	3,070	1,800	1,350	−0,30	−0,980	−0,880	3,100	5,320	7,420	8,400	7,900
	P_B	3,070	1,015	0,761	−0,132	−0,985	−0,885	2,830	4,850	6,650	7,340	6,920
Tensiunea	U_1	1	0,565	0,564	1,015	1,005	1,005	0,912	0,912	0,897	0,875	0,875
$P_A(K_A=5{,}330)$		0	1,717	1,465	−0,260	−1,040	−1,020	−2,350	−0,280	1,870	2,743	1,868
$P_B(K_B=0{,}578)$		0	2,055	2,309	3,202	4,055	3,955	0,240	−1,780	−3,580	−4,270	−3,850
La sfîrșitul intervalului	$\Delta\delta_A$	0	4,60	12,42	11,03	5,48	0,03	−12,47	−13,96	−3,96	10,66	20,62
	$\Delta\delta'_A$	0	9,17	7,82	−1,39	−5,55	−5,45	−12,50	− 1,49	10	14,62	9,96
	$\Delta\delta_B$	0	0,60	1,94	3,79	6,14	8,43	8,57	7,57	5,47	3,01	0,78
	$\Delta\delta'_B$	0	1,19	1,34	1,85	2,35	2,29	0,14	− 1,03	−2,07	−2,46	−2,23

Nodul 2 *Tabela 4*

Specificație		Înainte de defect	În timpul defectului		Deconectarea liniei cu defect			Reanclanșarea liniei fără defect				
Timpul, s		0	0 – 0,1	0,1—0,2	0,2—0,3	0,3—0,4	0,4—0,5	0,5—0,6	0,6—0,7	0,7—0,8	0,8—0,9	0,9—1
C	I_{wC}	1,550	1,900	1,850	2,850	2,900	2,980	0,550	0,570	0,700	0,630	0,400
	P_C	1,550	1,290	1,255	2,750	2,800	2,870	0,520	0,542	0,666	0,595	0,373
D	I_{wD}	2,010	2,400	2,350	3,620	3,650	3,620	0,450	0,410	0,620	0,670	0,370
	P_D	2,010	1,630	1,593	3,490	3,520	3,490	0,425	0,390	0,590	0,634	0,345
Tensiunea	U_2	1	0,68	0,678	0,963	0,963	0,963	0,945	0,952	0,953	0,945	0,932
$\Delta P_C(K_C=0{,}339)$		0	0,260	0,290	−1,200	−1,250	−1,320	1,030	1,008	0,884	0,955	1,177
$\Delta P_L(K_D=0{,}433)$		0	0,380	0,417	−1,480	−1,510	−1,480	1,585	1,620	1,420	1,376	1,665
La sfîrșitul intervalului	$\Delta\delta_C$	0	0,05	0,15	−0,26	−0,68	−1,13	−0,78	−0,44	—0,14	0,18	0,58
	$\Delta\delta_{C'}$	0	0,09	0,10	−0,41	−0,42	−0,45	0,35	0,34	0,3	0,32	0,40
	$\Delta\delta_D$	0	0,08	0,26	−0,38	−1,03	−1,67	−0,98	−0,28	0,33	0,93	1,65
	$\Delta\delta_{D'}$	0	0,16	0,18	−0,64	−0,65	−0,64	0,69	0,70	0,61	0,60	0,72

— Noua citire a puterilor pe graficul transformat (la fel în cazul modelului) etc.

h) O nouă schimbare se produce la timpul 0,2 s, în cazul nostru. Pe calea indicată mai sus am ajuns la poziția vectorilor notată cu 0,2 pe graficele din fig. 11 și 12. În acest moment se deconectează linia de interconexiune și astfel vectorii *C* și *D* dispar de pe graficul nodurilor *1*, iar vectorii *A* și *B* dispar de pe graficul nodului *2*. Vectorii *A*, *B*, *C* și *D* rămîn neschimbați ca modul pe graficele respective. Se pot trasa vectorii $\overline{I}''_{e1}$ și $\overline{I}''_{e2}$.

i) În această nouă situație se determină în modul cum s-a indicat mai sus, direcția axelor în fază cu tensiunea U_1, respectiv U_2, cu ajutorul unghiului generatorului echivalent $\overline{I}''_{e1}$, respectiv $\overline{I}''_{e2}$. Din calculul analitic rezultă pentru Y''_{1t} și Y''_{2t} unghiurile $\gamma''_{1t} = 6{,}7°$ și $\gamma''_{2t} = 16{,}5°$. După deducerea noii scări a tensiunii U, se citesc pe noul grafic curenții watați ai tuturor generatoarelor echivalente și se deduc puterile în această nouă situație.

j) Se determină mișcările succesive ale vectorilor, în timpul regimului cu linia de interconexiune deconectată, pînă la intervalul de timp 0,5 s, cu ajutorul graficelor succesive notate în fig. 11 și 12 cu 0,3 ; 0,4 ; 0,5, la extremitatea vectorilor care corespund situației, de la 0,4 s, 0,5 s, etc.

k) La 0,5 s intervine ultima modificare : reanclanșarea liniei. Vectorii dispăruți din grafic, o dată cu deconectarea liniei, reapar. Calculul este identic celui efectuat în cazul celorlalte două modificări la care ne-am referit mai sus.

vectorilor I_{e1} și I_{e2}, și aceleași scări pentru tensiunile U_1 și U_2 (fig. 13 și 14).

Aceste ultime grafice arată mișcările vectorilor (identice cu mișcarea rotoarelor), după reanclanșare, a căror analiză este foarte importantă căci din aceste mișcări (după 0,5 s) rezultă dacă sistemul este stabil sau nu, precum și mijloacele de a modifica mișcările vectorilor în sensul stabilizării sistemului.

8. Aprecieri asupra rezultatelor obținute în exemplul studiat, din analiza graficelor

Să examinăm mai îndeaproape regimurile dinamice care au rezultat după reanclanșarea liniei, corespunzînd momentelor 0,5, 0,6, 0,7, 0,8, 0,9 și 1 secundă (notate în dreptul ultimului vector, în fig. 13 și 14). Se pot observa următoarele :

a) Generatoarele *C* și *D* sînt aproape insensibile față de acest defect. Unghiul vectorilor respectivi nu se schimbă aproape de loc. Este justificat astfel ca în acest caz cele două generatoare să fie înlocuite prin unul echivalent.

b) Generatoarele *A* și *B* sînt cele influențate în mare măsură de scurtcircuit. Regimul este stabil căci mișcarea lanțului acestor vectori, începînd cu 0,5 s, prezintă o oscilație, apoi revine. Vectorul *A* este acela care prezintă deplasările unghiulare cele mai importante, așa cum se poate observa în graficul nodului *2*, redat în fig. 14. Pentru alte regimuri în care grupul *A* este mai încărcat, se obțin grafice în care vectorul respectiv se deplasează mult în

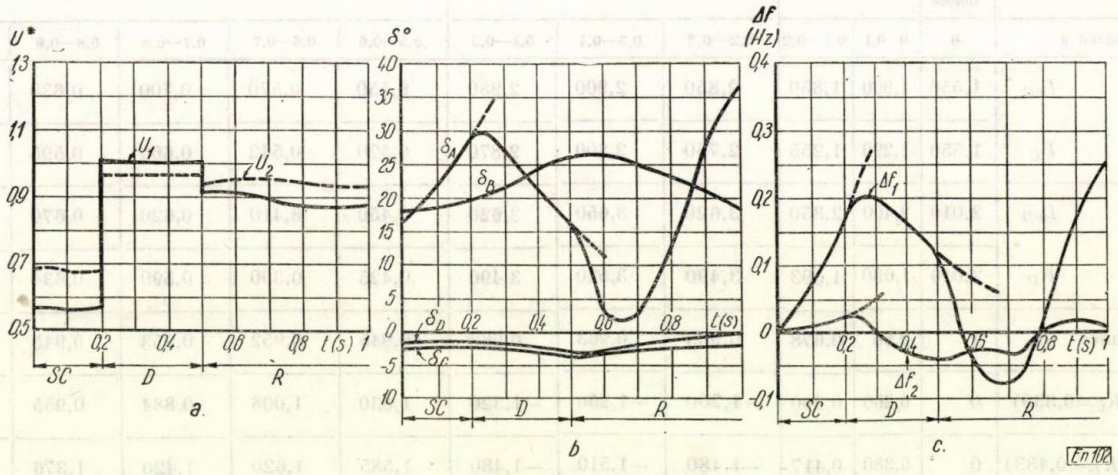


Fig. 15. Rezultatele obținute prin măsurători, efectuate pe graficele din figurile 11—14. Variația tensiunii din cele două noduri (U_1 și U_2), a unghiurilor rotoarelor ($\delta°$) și frecvențelor momentane (Δf) în regimul dinamic analizat (0—1 s).

Se recalculează admitanțele de transfer și rezultante, se trasează noile axe și se regăsește noua scară a tensiunii. În cazul nostru reanclanșarea face să se revină la situația inițială, fără defect, în ceea ce privește valorile admitanțelor. Se regăsește unghiul $\gamma_{1t} = 6{,}4°$ și $\gamma_{2t} = 13{,}5°$ al

același sens (instabilitate). Se poate trage concluzia că dacă vrem să utilizăm forțarea excitației, este cazul ca aceasta să fie prevăzută pentru generatorul *A*, ceea ce va produce mărirea limitei de transport din punct de vedere al stabilității dinamice.

În fig. 15 sînt reproduse rezultatele extrase din graficele prezentate în fig. 11 și 14.

9. Concluzii generale referitoare la calculele și analizele pe cale grafică

Din lucrarea citată [1] precum și din exemplul de calcul expus mai sus, rezultă următoarele concluzii :

a) Calculul pe cale grafică este în toate cazurile mai simplu și mai puțin laborios decît calculul analitic.

Pentru problemele referitoare la regimuri dinamice, unde calculul analitic devine deosebit de laborios, graficele simplifică în mod esențial calculele puterilor produse sau absorbite de mașinile echivalente la un moment dat. Totuși, dacă numărul generatoarelor este mare și schema rețelei nu permite o transformare în care să grupăm generatoarele în jurul unui număr mic de noduri care trebuie să fie reprezentate pentru calculele pe cale grafică, atunci numărul graficelor necesare devine mare și calculul este dificil. Se poate astfel afirma că efectuarea calculului pe această cale este indicată în cazul a maximum patru noduri analizate simultan, la care sînt legate direct un număr oarecare de generatoare (prin simple reactanțe, pentru a simplifica calculele). Se vede de aici că se pot astfel examina fără nici un mijloc special cazuri cu un număr mare de generatoare (legate la patru noduri) ceea ce nu ar fi fost practic posibil în calculul analitic cunoscut.

b) În ceea ce privește calculele analitice pentru determinarea impedanțelor rezultante și de transfer, necesare în aceeași măsură calculelor analitice cît și reprezentării grafice a nodurilor, această metodă nu aduce nici o simplificare.

c) Calitatea principală a acestei metode este reprezentarea grafică a mărimilor, reprezentare grafică care este posibilă pentru orice nod al unei rețele complexe și care se face într-un mod unitar în cazul tuturor problemelor care pot interveni în analiza rețelelor moderne.

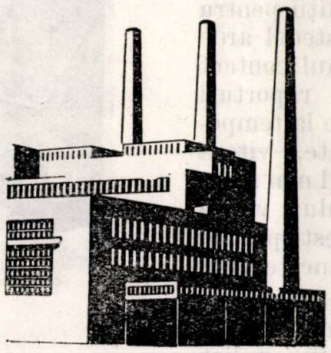
*

În concluzie, această metodă este preferabilă căii obișnuite analitice de calcul atunci cînd nu dispunem de mijloace speciale. În același timp ea poate servi scopurilor didactice, permițînd explicarea unitară a fenomenelor complexe care se produc în rețelele moderne.

Dacă această metodă este combinată cu un mijloc special de calcul (model analogic sau calculator numeric) rolul său rămîne cel specificat la punctul *c)* de mai sus, ea servește ca ajutor în judecarea problemelor care ne interesează, prin imaginile sugestive ale situațiilor care rezultă în fiecare nod al sistemului electroenergetic.

Bibliografie

[1] Dimo P. : *Analiza nodală utilizînd curenții de scurt-circuit în cazul rețelelor complexe* „Energetica" nr. 8/1960.



Unele rezultate cu privire la distribuirea picăturilor de combustibil pulverizat prin injectoare de joasă presiune

Ing. *CORNEL UNGUREANU* *

1. Punerea problemei

Procesul de ardere a unui combustibil lichid într-un flux de aer trece printr-o serie de stadii succesive: evaporarea, descompunerea pirogenetică şi arderea.

Aceste stadii sînt precedate de pulverizare, de calitatea căreia depinde într-o măsură considerabilă intensitatea evaporării, amestecarea vaporilor de combustibil cu oxigenul necesar arderii, precum şi caracterul radiant al flacării.

Pulverizarea păcurei şi a altor forme de combustibil lichid se realizează cu ajutorul injectoarelor, care, din punct de vedere al principiului de funcţionare, se împart în două grupe: injectoare mecanice (hidraulice) şi injectoare pneumatice. Acestea din urmă funcţionează cu abur sau aer şi în mod convenţional se pot subdiviza în două subgrupe: de înaltă presiune ($p < 1\,000$ mm col. H_2O) şi de joasă presiune ($p < 1\,000$ mm col. H_2O).

Pentru arderea unui combustibil fluid într-un curent de aer se pot folosi diferite metode. Ca metode extreme (limită) trebuie considerate metodele arderii cinetice şi difuzive [1].

În cazul aplicării metodei cinetice se creează în prealabil un amestec uniform (omogen) de combustibil şi aer, care se introduce în instalaţia de focar după ce s-a format. Această metodă se aplică în special la arderea combustibililor gazoşi, dar se întîlneşte şi la arderea combustibililor lichizi, uşori, folosindu-se în acest scop carburatorul.

Cealaltă metodă limită de ardere este metoda difuzivă. În acest caz se creează condiţii pentru producerea unei arderi în care amestecul arde imediat ce se produce, adică la primul contact dintre combustibil şi oxidant în raporturi cantitative corespunzătoare. Deoarece la temperaturi înalte ale flacării dezvoltate, viteza reacţiei chimice devine incomensurabil mai mare decît viteza de formare a amestecului, viteza efectivă de ardere a combustibilului este practic egală cu viteza de formare a amestecului.

În tehnica focarelor industriale se aplică larg şi metode mixte, intermediare, de funcţionare a arzătoarelor. Fără a intra în analiza amănunţită a cineticii arderii combustibililor lichizi, se poate totuşi preciza că elementele de bază care caracterizează funcţionarea unui injector sînt considerate în general următoarele: fineţea şi uniformitatea pulverizării, densitatea de distribuţie a combustibilului pe o secţiune perpendiculară pe axa longitudinală a injectorului, precum şi unghiul de conicitate a jetului.

În articolul de faţă se vor arăta unele rezultate obţinute în laboratorul de termotehnică de la Institutul Politehnic din Timişoara, cu privire la ultimele două caracteristici ale funcţionării injectoarelor de joasă presiune.

2. Descrierea instalaţiei experimentale şi a procedeului de lucru

În fig. 1 se vede standul de încercare. Lichidul de lucru (apa) este ridicat din rezervorul *1*, pînă la injectorul *2*, cu ajutorul presiunii aerului

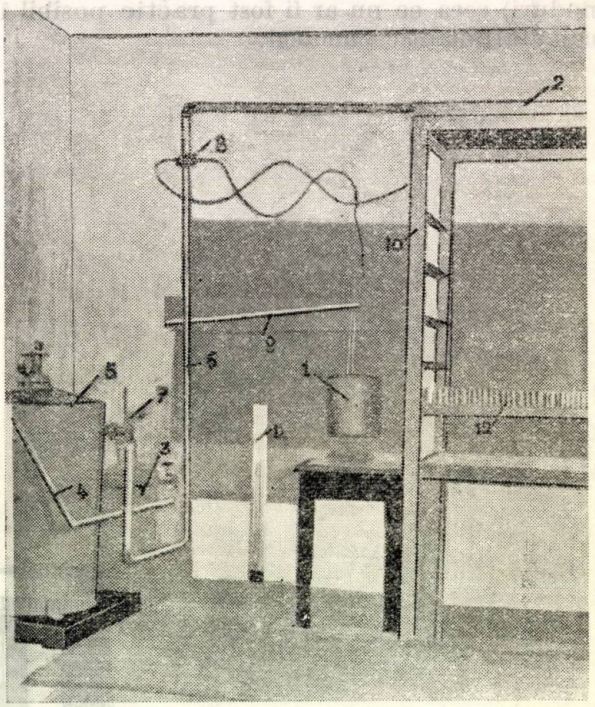


Fig. 1

din rezervorul *3* în care debitează un compresor de înaltă presiune. Aerul necesar pulverizării este trimis de către un compresor rotativ cu

* Institutul politehnic — Timişoara

plăci, prin conducta *4* în rezervorul de echilibrare *5*, din care apoi, prin conducta *6* ajunge la injectorul *2*. Pe această conductă s-a montat robinetul cu cep *7*, care servește pentru o reglare

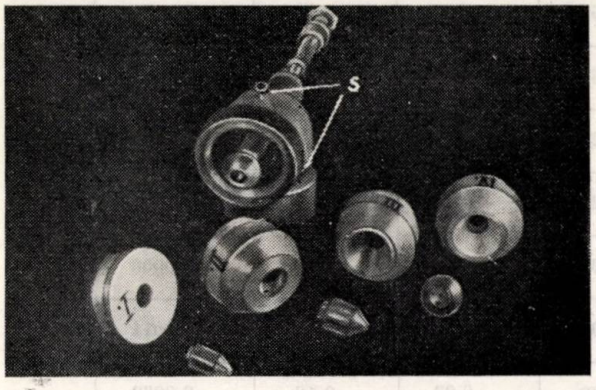


Fig. 2

mai comodă a consumului de aer și diafragma *8* pentru măsurarea debitului de aer. Presiunea dinamică a aerului se măsoară cu ajutorul micromanometrului *9*, iar suprapresiunea statică cu ajutorul manometrului diferențial *10*, montat pe scheletul nișei.

Distribuirea lichidului după secțiunea jetului s-a determinat prin colectarea acestuia în decantoarele fixate într-o ramă *12*, care poate fi așezată în nișa de pulverizare la cinci distanțe de gura injectorului (450, 700, 950, 1 200 și 1 450 mm). Cantitatea de lichid colectat se determină prin măsurare cu ajutorul biuretelor gradate.

Injectorul (fig. 2), de construcție simplă, se caracterizează prin aceea că are posibilitatea de a

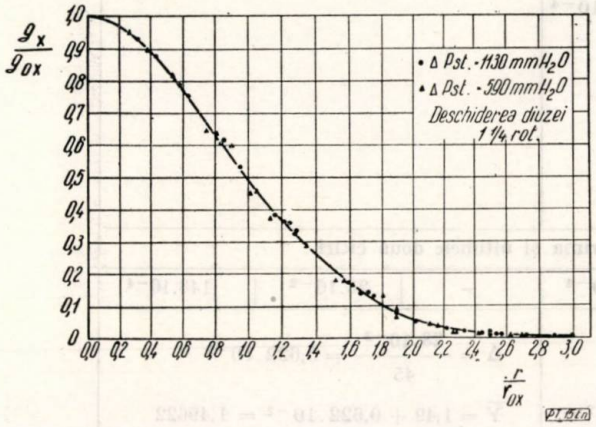


Fig. 3

schimba atît diuzele (*1*, *2*, *3*, *4*), cît și piesele de capăt (*I*, *II*, *III*, *IV*). Încercările s-au efectuat utilizînd combinațiile posibile între cele patru diuze și cele patru piese de capăt.

Diuzele au orificiul calibrat de $\varnothing = 1$ mm și diferă între ele prin forma geometrică, dimensiuni și prin prezența sau absența unor orificii care aduc aerul la rădăcina jetului de lichid. Piesele de capăt se deosebesc prin lungimea totală, unghiul de conicitate, cît și prin forma geometrică.

În timpul experiențelor se reglează jetul de combustibil cu ajutorul a trei șuruburi „S", încît acesta să fie central, iar încărcarea eprubetelor captatoare să fie simetrică. Se înregistrează timpul, consumul de combustibil, precum și datele necesare pentru calcularea debitului de aer și a vitezei relative dintre mediul pulverizant și pulverizat.

3. Prelucrarea datelor experimentale

Problema de bază a oricărei experiențe cantitative este de a determina direct sau indirect ceea ce se numește „valoarea adevărată" a unei cantități. Riguros vorbind, nu se poate măsura niciodată valoarea adevărată a unei cantități, ci se obține numai o aproximație a ei. Prin perfecționarea metodelor de măsurare se pot obține aproximații din ce în ce mai bune, dar totodată există o limită dincolo de care perfecționările nu au putut, sau nu pot trece. Este deci de dorit să se cunoască în ce relație stă valoarea măsurată cu cea adevărată, cu alte

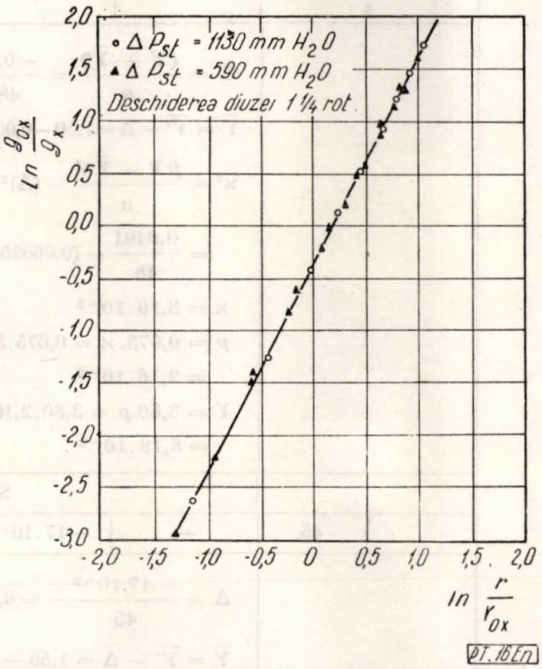


Fig. 4

cuvinte este de dorit să se cunoască legea de distribuție a probabilităților.

Din această cauză, valoarea unui punct reprezentat în diagramele din fig. 5, 6, 7, 8 a fost stabilită în urma efectuării a 48 de măsurători. În baza legii de distribuție normală a frec-

Tabela 1

Y	f	$\overline{Y}' = 1{,}50$			$\overline{Y}' = 1{,}49$		
		$Y - \overline{Y}'$	$f(Y - \overline{Y}')$	$f(Y - \overline{Y}')^2$	$Y - \overline{Y}'$	$f(Y - \overline{Y}')$	$f(Y - \overline{Y}')^2$
1,42	1	−0,08	−0,08	0,0064	−0,07	−0,07	0,0049
1,46	2	−0,04	−0,08	0,0032	−0,03	−0,06	0,0018
1,47	3	−0,03	−0,09	0,0027	−0,02	−0,06	0,0012
1,48	7	−0,02	−0,14	0,0028	−0,01	−0,07	0,0007
1,49	8	−0,01	−0,08	0,0008	0,00	0,00	0,0000
1,50	11	0,00	0,00	0,0000	0,01	0,11	0,0011
1,51	8	0,01	0,08	0,0008	0,02	0,16	0,0032
1,52	4	0,02	0,08	0,0016	0,03	0,12	0,0036
1,53	2	0,03	0,06	0,0018	0,04	0,08	0,0032
1,61	1	0,11	0,11	0,0121	0,12	0,12	0,0144
1,63	1	0,13	0,13	0,0169	0,14	0,14	0,0196
	48	—	−0,01	0,0491	—	0,47	0,0537

$$\Delta = \frac{(Y - \overline{Y}')}{n} = \frac{-0{,}01}{48} = -0{,}000208$$

$$\overline{Y} = \overline{Y}' - \Delta = 1{,}50 - 0{,}000208 = 1{,}499792$$

$$\varkappa^2 = \frac{f(Y - \overline{Y}')^2}{n} - (\Delta)^2 =$$

$$= \frac{0{,}0491}{48} - (0{,}000208)^2 = 10{,}23.10^{-4}$$

$$\varkappa = 3{,}19.10^{-2}$$

$$p = 0{,}675.\varkappa = 0{,}675.3{,}19.10^{-2} = 2{,}16.10^{-2}$$

$$Y = 3{,}80\, p = 3{,}80.2{,}16.10^{-2} = 8{,}18.10^{-2}$$

Se elimină prima şi ultimele două citiri

	45	—	-17.10^{-2}	137.10^{-4}	—	28.10^{-2}	148.10^{-4}

$$\Delta = \frac{-17.10^{-2}}{45} - = 0{,}378.10^{-2}$$

$$\overline{Y} = \overline{Y}' - \Delta = 1{,}50 - (0{,}378).10^{-2} = 1{,}49622$$

$$\varkappa^2 = \frac{137.10^{-4}}{45} - (0{,}378)^2.10^{-4} =$$

$$\varkappa^2 = 2{,}90.10^{-4}$$

$$\varkappa = 1{,}7.10^{-2}$$

$$p = 0{,}675.1{,}7.10^{-2} = 1{,}146.10^{-2}$$

$$Y = 3{,}76.1{,}146.10^{-2} = 4{,}35.10^{-2}$$

$$\Delta = \frac{28.10^{-2}}{45} = 0{,}622.10^{-2}$$

$$\overline{Y} = 1{,}49 + 0{,}622.10^{-2} = 1{,}49622$$

$$\varkappa^2 = \frac{148.10^{-4}}{45} - (0{,}622)^2.10^{-4} =$$

$$\varkappa^2 = 2{,}90.10^{-4}$$

$$\varkappa = 1{,}7.10^{-2}$$

$$p = 0{,}675.1{,}7.10^{-2} = 1{,}146.10^{-2}$$

$$\gamma = 3{,}76.1{,}146.10^{-2} = 4{,}3.10^{-2}$$

venţelor după Hagen [2], s-a determinat valoarea cea mai probabilă, determinîndu-se în acelaşi timp abaterea medie pătratică $\varkappa$, precum şi eroarea probabilă p. Pentru a elimina din

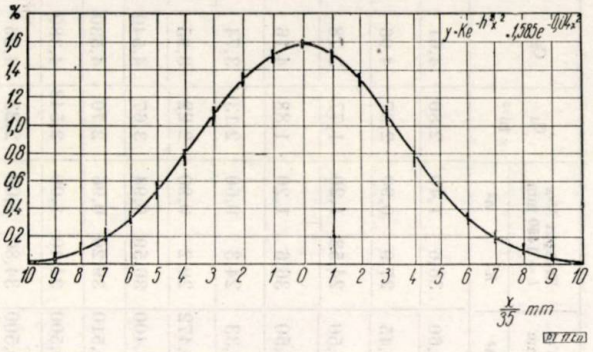


Fig. 5

şirul de citiri valorile care diferă considerabil de întregul şir, s-a aplicat criteriul lui Chauvenet, care stabileşte că orice citire dintr-un şir de n citiri trebuie să fie eliminată, dacă abaterea ei de la media şirului este astfel, încît

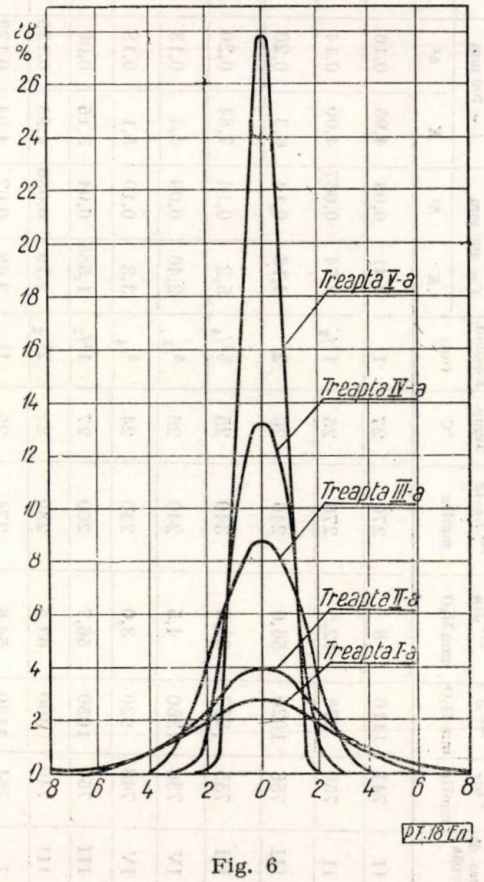


Fig. 6

probabilitatea de apariţie a tuturor abaterilor egale cu ea sau mai mari, nu depăşeşte $(1/2)n$. Pentru exemplificare a se vedea tabela 1, care se referă la punctul depărtat cu $x = 35$ mm de axa verticală şi la distanţa $l = 1\,450$ mm de gura injectorului, pentru diuza *3*, piesa de capăt *III* (vezi fig. 5).

Datele în legătură cu repartizarea lichidului pe secţiunea jetului pentru diuza *4* şi piesa de capăt *I*, sînt generalizate pe fig. 3 în coordonatele :

$$\frac{g_x}{g_{ox}} = f\left(\frac{r}{r_{ox}}\right). \qquad (1)$$

În această expresie, notaţiile au următoarea semnificaţie :

g_x — densitatea de stropire în punctul cu coordonata r a secţiunii care se găseşte la distanţa x de la gura injectorului;

g_{ox} — densitatea de stropire pe axă în secţiunea dată ;

r — distanţa de la axa jetului ;

r_{ox} — distanţa de la axa jetului pînă la punctul secţiunii în care : $\frac{g_x}{g_{ox}} = \frac{1}{2}$.

În baza datelor obţinute s-a trasat curba variaţiei $\ln \frac{g_{ox}}{g_x}$ în funcţie de $\ln \frac{r}{r_{ox}}$. Cum rezultă din fig. 4, punctele experimentale se grupează foarte bine în jurul unei drepte ceea ce arată

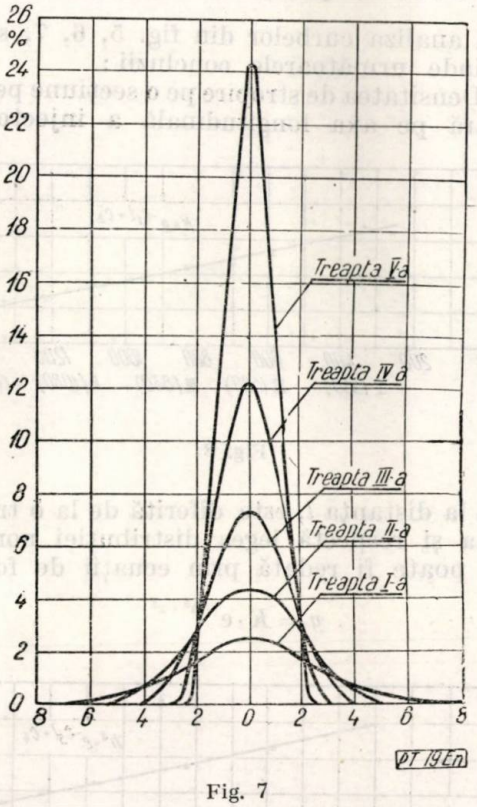


Fig. 7

că curba generalizată poate fi exprimată prin formula :

$$\frac{g_x}{g_{ox}} = e^{-0{,}6^2 6\left(\frac{r}{r_{ox}}\right)^2} \qquad (2)$$

Dacă se compară această relație cu ecuația distribuției normale [2]:

$$y = K \cdot e^{-h^2 \cdot x^2} \qquad (3)$$

se ajunge la concluzia că cele două ecuații sînt identice și prin urmare:

$$g_{ox} = k,\ r = x,\ g_x = y \text{ și } h^2 = \frac{0{,}686}{3{,}7^2} = 0{,}05.$$

Se remarcă că din motive de reprezentare grafică, scara absciselor în diagramele din fig. 5, 6, 7, s-a luat 10 div. = 35 mm, deoarece eprubetele de captare a picăturilor s-au așezat la distanța de 35 mm între axe.

În fig. 5, 6, 7, sînt reprezentate curbele de densitate de stropire, pentru cîteva din combinațiile posibile între diuzele și piesele de capăt ale injectorului și în același timp se redau o parte din punctele obținute experimental. Pe axa absciselor sînt trecute distanțele de la centrul jetului pînă la axa decantorului la scara $\frac{1}{35}$, iar pe ordonată greutatea lichidului care revine la unitatea de suprafață a vaselor captatoare, în %.

4. Concluzii cu privire la rezultatele obținute

Din analiza curbelor din fig. 5, 6, 7, se pot desprinde următoarele concluzii:

a) Densitatea de stropire pe o secțiune perpendiculară pe axa longitudinală a injectorului,

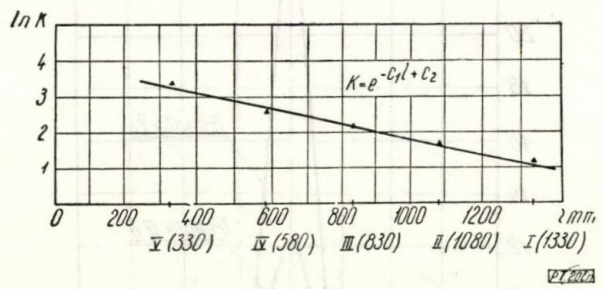


Fig. 8

aflată la distanța l, este diferită de la o treaptă la alta și respectă legea distribuției normale, adică poate fi redată prin ecuații de forma:

$$y = K \cdot e^{-h^2 \cdot x^2}$$

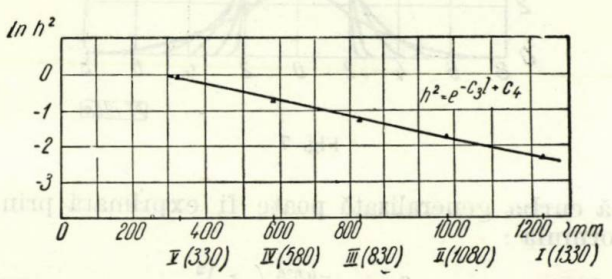


Fig. 9

Tabela 2

Nr. probei	Diuza	Piesa de capăt	P_{bar} mmHg	ΔP_{sd} mm H_2O	ΔP_{din} mm H_2O	ΔP_{lichid} mmHg	Temp. °C	Deschid. (tot)	Treapta I-a l = 460 mm		Treapta II-a l = 700 mm		Treapta III-a l = 950 mm		Treapta IV-a l = 1200 mm		Treapta V-a l = 1450 mm		C_1 $\times 10^{-3}$	C_2	C_3 $\times 10^{-3}$	C_4
									K	h^2	K	h^2	K	h^2	K	h^2	K	h^2				
1	1	II	747	1110	8	270	27	1	2,41	0,08	4,95	0,16	9,70	0,35	18,17	0,60	36,6	1,40	2,80	4,61	2,87	1,287
2	1	II	750	878	12,5	270	25	1 1/2	2,74	0,067	4,00	0,14	8,83	0,22	13,25	0,45	27,9	0,90	2,37	4,06	2,30	0,25
3	1	III	756	1020	56,0	240	26	2	4,16	0,14	6,3	0,20	9,32	0,30	16,74	0,50	24,53	1,20	1,77	3,78	1,80	0,345
4	1	III	755	252	66,6	340	25	5 1/4	5,2	0,14	7,84	0,20	13,1	0,40	23,3	0,50	36,6	1,20	1,88	4,16	1,70	0,28
5	1	IV	750	1360	4,5	240	26	3/4	2,46	0,09	4,4	0,13	7,38	0,22	12,18	0,33	24,3	0,60	2,13	3,74	1,77	0,044
6	1	IV	748	930	3,0	240	24	3/4	3,3	0,10	5,1	0,18	8,24	0,272	12,81	0,472	29,2	0,90	2,22	3,95	2,2	0,588
7	3	III	750	1050	56,7	260	27	1 1/2	1,585	0,04	3,15	0,09	7,40	0,170	14,00	0,400	36,59	0,94	3,67	4,540	3,20	1,040
8	3	III	749	490	63,5	230	27	2 1/2	2,79	0,086	4,95	0,135	11,02	0,300	13,40	0,510	39,20	0,96	2,70	4,530	2,44	0,760
9	4	I	751	1130	54,6	274	25	1 1/4	2,68	0,07	4,04	0,122	9,20	0,240	16,00	0,500	34,40	1,00	2,543	4,380	2,66	0,880
10	4	I	750	590	31,0	270	25	1 1/4	3,66	0,05	5,67	0,110	10,90	0,192	19,00	0,500	34,80	1,00	2,23	4,26	3,00	0,990

b) Valorile lui K (maximul curbei de distribuție obținut pentru $x = 0$) și a lui h^2 (modulul de precizie), depind de distanța l de la gura injectorului. Această dependență este reprezentată în fig. 8 și 9 și poate fi scrisă sub forma unor ecuații de tipul :

$$K = e^{-C_1 \cdot 1 + C_2} \qquad (4)$$

$$h^2 = e^{-C_3 \cdot 1 \cdot C_4}. \qquad (5)$$

Valorile constantelor C_1, C_2, C_3, C_4, precum și valorile lui K și h^2 sînt redate în tabela 2, pentru cazurile studiate.

c) Distribuția combustibilului după secțiunea curentului depinde de combinațiile dintre diuze și piesele de capăt. De exemplu, menținînd diuza *1* și schimbînd pe rînd piesele de capăt *II* și *IV*, se constată că, odată cu scăderea unghiului de divergență al piesei de capăt, densitatea stropirii crește (vezi fig. 6, 7).

d) Densitatea de stropire, în ipoteza menținerii acelorași combinații între diuze și piesele de capăt, este influențată de deschiderea diuzei, după cum urmează :

— la diuzele *3* și *4*, prevăzute cu cîte *4* găuri pentru pătrunderea aerului la rădăcina jetului de lichid, cu cît se mărește secțiunea de trecere, cu atît densitatea stropirii crește, deoarece presiunea statică scade, respectiv efectul de centrifugare scade ;

— la diuzele simple *1* și *2*, din contră, la creșterea secțiunii scade densitatea de stropire, deoarece scade și viteza agentului pulverizant, iar unghiul de pulverizare crește, determinînd repartizarea aceleiași cantități de lichid pe o suprafață mai mare.

5. Unghiul de pulverizare

Pe baza experiențelor executate la diferite distanțe de la gura injectorului, a fost posibilă determinarea formei jetului cît și a liniilor de egală densitate de stropire. În fig. 10 se redă forma jetului obținută pentru diuza *1* și piesa de capăt IV.

În baza ecuațiilor (3), (4) și (5) se poate calcula analitic mărimea unghiului de conicitate a jetului, admițînd pentru y o valoare cît mai apropiată de zero. Pentru exemplificare, în tabela 3 se dau valorile tg $\varphi/2$ pentru diferite rapoarte dintre distanța de la gura injectorului l și diametrul diuzei D, în ipoteza că $y = 0{,}01$ și pentru diuza *1* și piesa de capăt *IV*.

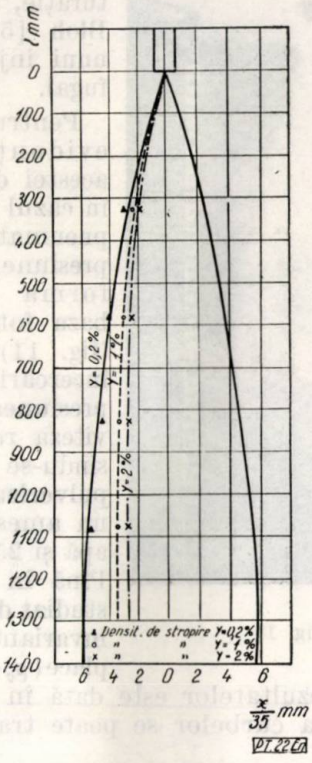


Fig. 10

Acest mod de a rezolva problema nu este satisfăcător deoarece nu scoate în evidență influența diferiților parametri fizici, care caracterizează atît mediul pulverizant, cît și pe cel pulverizat. În baza concluziilor care se desprind din aplicarea analizei dimensionale la fenomenele de pulverizare [3] rezultă că unghiul de conicitate φ al jetului se poate scrie :

$$\varphi = \Phi\left(\frac{d}{D}, \frac{D \cdot w^2 \cdot \rho_l}{\sigma}, \frac{\rho_l}{\rho_g}, \frac{\mu^2}{\rho_l \cdot \sigma \cdot D}\right)$$

Tabela 3

1/D	100	200	330	400	580	600	700	800
tgφ/2	0,32	0,290	0,250	0,220	0,170	0,163	0,145	0,137 calculat
tgφ/2	0,30	0,290	0,264	0,230	0,181	0,173	0,158	0,147 măsurat

în care :

- d — diametrul mediu al picăturilor ;
- D — diametrul diuzei ;
- w — viteza relativă dintre aer și lichid ;
- ρ_l — masa specifică a lichidului ;
- ρ_g — masa specifică a gazului ;
- σ — tensiunea superficială a lichidului ;
- μ — viscozitatea dinamică a lichidului.

La aceleași rezultate ajunge M. Kuharev [4] în studiul pulverizării combustibilului la motoare Diesel de mare turație, cît și A. G. Bloh [5] în studiul unui injector centrifugal.

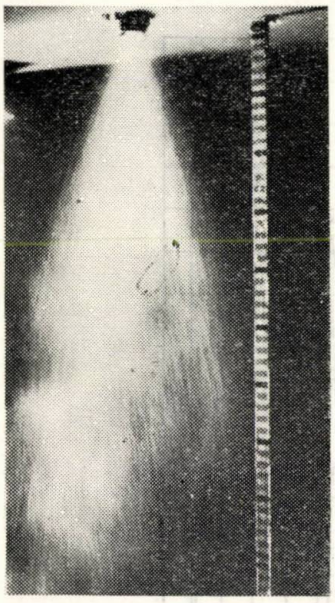


Fig. 11

Pentru a pune în evidență existența acestei dependențe și în cazul injectoarelor pneumatice de joasă presiune, s-a cercetat forma jetului pe baza fotografierii lui (fig. 11). În timpul încercărilor, au variat presiunea aerului și viteza relativă, folosindu-se ca mediu de pulverizare apa sau un amestec de 75% apă și 25% glicerină. Pînă în prezent s-a studiat doar influența invariantului lui Laplace ($\rho_g \cdot w^2 D/\sigma$); prelucrarea rezultatelor este dată în fig. 12 și 13. Din analiza curbelor se poate trage concluzia

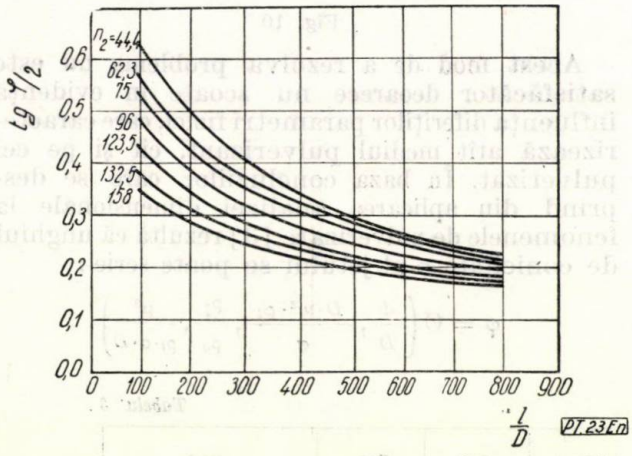


Fig. 12

că unghiul de conicitate scade pe măsura creșterii raportului l/D și este cu atît mai mare cu cît pulverizarea este mai grosolană, deci cu cît invariantul lui Laplace are valori mai mici. În aceleași condiții, creșterea viscozității mediului pulverizat determină o creștere a unghiului

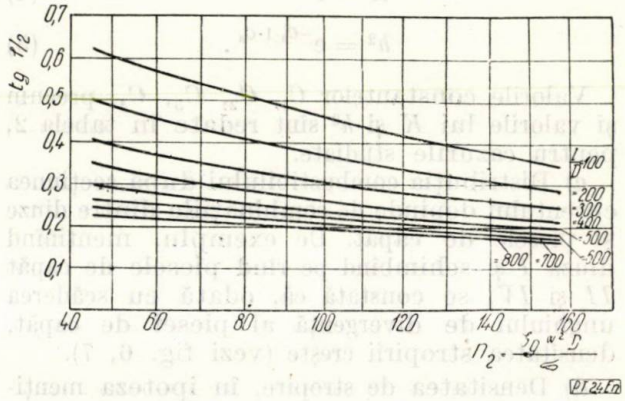


Fig. 13

de conicitate. Fotografierea jetului a fost făcută la rece.

Cercetările ulterioare vor avea ca scop să pună în evidență, sub forma unor relații cantitative, legătura dintre mărimea unghiului de conicitate al jetului și invarianții care caracterizează pulverizarea, cît și schimbările care apar în cazul procesului real de ardere.

Bibliografie

[1] A. G. Worthing—J. Geffner: *Prelucrarea datelor experimentale.* Ed. Tehnică, 1959 București.

[2] G. F. Knorre: *Procese de ardere în focare.* Ed. Energetică de Stat, 1955.

[3] E. Giffen — A. Muraszew: *The automisation of liquid fuels.* New-York, 1953.

[4] *Izledovanie raspîlivanie topliva primenitelino s bistrohodnim dizeliam.* NAMI—87, Moscova 1959.

[5] A. G. Bloh și E. C. Chicichin: Teploenergetica Nr. 10, 1957.

Tendinţe actuale în aprecierea calităţii uleiurilor de ungere

LADISLAU SZÉKELY

O dată cu introducerea tehnicii noi se impune tot mai mult necesitatea revizuirii şi găsirii unor metode complexe de control analitic al uleiurilor de ungere. Analiza fizico-chimică a uleiurilor lubrefiante trebuie să oglindească fidel caracteristicile şi însuşirile acestora. Din acest motiv se tinde spre perfecţionarea metodelor de analiză şi încercare.

Între proprietăţile principale analizate la lubrefianţi se numără densitatea, viscozitatea, punctul de congelare, capacitatea de dezemulsionare.

Un capitol însemnat îl reprezintă probele de stabilitate a uleiurilor precum şi determinarea indicelui de cocsificare.

Mecanizarea unor serii întregi de munci manuale duce în mod inerent la folosirea pe scară tot mai largă a tuturor categoriilor de uleiuri de ungere la maşinile şi dispozitivele create. Prin construcţiile tot mai complicate ale mecanismelor ca şi prin impunerea unor condiţii mai grele de funcţionare ale unor maşini — prin creşterea turaţiilor, a presiunilor, a temperaturilor de regim, — se impune ca lubrefianţii să fie de calitate superioară iar controlul lor calitativ să fie tot mai sever şi mai riguros.

Pentru lubrefianţii uzuali, în decursul timpului s-au cristalizat în practică unele metode de control, atît fizice cît şi chimice.

În vederea îmbunătăţirii principalelor caracteristici ale uleiurilor, în multe ţări, se folosesc tot mai frecvent substanţe aditive. Din acest motiv, analizele şi încercările obişnuite nu reuşesc întotdeauna să oglindească în mod obiectiv însuşirile lubrefiantului.

Considerentele de mai sus impun revizuirea unor metode de control, respectiv perfecţionarea sau completarea altora.

În cele ce urmează se vor arăta care sînt deficienţele unor metode de analiză ca şi natura dificultăţilor în aprecierea calităţii lubrefianţilor. Se vor indica totodată tendinţele actuale în aplicarea noilor metode de analiză şi control.

Viscozitatea uleiurilor

Una din proprietăţile principale ale unui lubrefiant este viscozitatea, care reprezintă rezistenţa la curgere sau frecarea dintre moleculele sale. În general viscozitatea uleiurilor creşte cu greutatea moleculară a hidrocarburilor componente. În cazul hidrocarburilor cu aceeaşi greutate moleculară viscozitatea creşte pentru cele trei tipuri în ordinea : parafinice, naftenice, aromatice.

Pentru determinarea capacităţii de ungere a filmului de ulei caracteristica cea mai obiectivă este viscozitatea absolută sau viscozitatea dinamică care se exprimă în centipoise [cP].

Actualmente totuşi, în practică se foloseşte în mod mai frecvent viscozitatea cinematică, pentru că metoda de determinare este mai uşoară. Viscozitatea cinematică se exprimă în centistokes [cSt] şi reprezintă raportul dintre viscozitatea dinamică şi densitatea lichidului, determinate la aceeaşi temperatură.

Determinarea viscozităţii după Engler este o metodă convenţională şi de loc caracteristică. Numai simplitatea metodei a permis răspîndirea ei atît de largă, ea fiind cel mai frecvent folosită şi la noi (STAS 117—58). Alterarea sau schimbarea calităţii uleiului este însă prea puţin semnalată de viscozitatea Engler.

Inconvenientul folosirii valorilor raportului viscozitate-densitate exprimat în centistokes este demonstrat în exemplul din tabela 1, care dovedeşte concret cît de neconcludentă este această cifră pentru interpretarea rezultatelor în practica de exploatare.

Tabela 1

Viscozitate în cSt	Densitate în g/cm³	Viscozitate în cP
64,4	0,86	55,4
64,4	0,96	62
64,4	1,40	90,2

Diferenţa între 0,86 şi 0,96 g/cm³ înseamnă o diferenţă de 12% la viscozitatea absolută. Un ulei hidraulic, greu inflamabil cu densitatea 1,40 g/cm³ are aceeaşi viscozitate cinematică de 64,4 cSt cu un ulei mineral cu densitatea 0,86 g/cm³, deşi în cP diferenţa de viscozitate este de 63%. Uleiul nu va prezenta un film de ungere de aceeaşi continuitate la o viscozitate de 55,4 cP într-o instalaţie care necesită un ulei de 90,2 cP, deşi în ambele cazuri s-a determinat 64,4 cSt.

Se consideră necesar ca la controlul viscozităţii uleiurilor de ungere, să nu se folosească pe cît posibil determinarea viscozităţii cu aparatul Engler şi să se treacă treptat, pe măsura înzestrării laboratoarelor cu aparatura adecvată, la determinarea viscozităţii dinamice. Dacă se lucrează cu viscozitatea cinematică să se ţină cont de densitate şi să se exprime rezultatele în centipoise.

Introducerea clasificării uleiurilor după viscozitatea dinamică se recomandă nu numai în cazul uleiurilor noi (uleiurile noastre sînt clasificate în special după °E de vîscozitate, în subgrupele respective), dar şi la uleiurile în

exploatare. În prezent (pe baza variației vîscozității) este destul de dificilă precizarea momentului cînd devine necesară înlocuirea uleiului din circuitul de ungere al unei mașini în funcțiune.

Relația viscozitate-temperatură

Temperatura influențează în mare măsură viscozitatea uleiurilor lubrefiante. Astăzi se știe că structurile moleculare flexibile, cu caracter predominant mono- sau bidimensional, conferă în general uleiului coeficienți mai mici pentru variația viscozității cu temperatura. În această categorie intră parafinele normale și izoparafinele cu lanțuri laterale puține și scurte. În schimb structurile rigide și sferice, simetrice, cum sînt hidrocarburile aromatice și naftenice polinucleare, cu lanțuri laterale scurte, prezintă valori mari ale coeficientului de mai sus.

Relația viscozitate-temperatură este importantă pentru cunoașterea viscozității reale a filmului de ulei în timpul exploatării, din vîscozitatea determinată la o temperatură arbitrară folosită la analize. Totodată trebuie ținut seama că în exploatare, temperatura filmului de ulei nu este constantă pe tot timpul exploatării agregatului la care se face ungerea. De aceea, pentru pornirea motorului la rece ca și pentru ungerea bună a pieselor fierbinți este necesar ca viscozitatea să nu varieze mult cu temperatura.

Importanța raportului viscozitate-temperatură se poate vedea și în tabela 2, unde este prezentată variația viscozității în cSt și în °E în funcție de temperatură, la două uleiuri rafinate (tabela 2).

Tabela 2

Variația viscozității cu temperatura

Temperatura °C	Uleiul nr. 1		Ueiul nr. 2	
	Viscozitatea		Viscozitatea	
	cSt	°E	cSt	°E
30	209,1	27,5	268,7	35,37
50	68,4	9,03	68,6	9,05
100	11,45	1,967	8,95	11,736

Din acest tabel rezultă că uleiul nr. 2 — prezentînd o variație mult mai mare a viscozității cu temperatura — este calitativ inferior primului.

S-au propus diferite moduri de a caracteriza variația viscozității în funcție de temperatură și actualmente există mai mulți indici propuși fără ca vreunul să se fi impus în mod universal. Cei mai cunoscuți și des folosiți sînt : indicele de vîscozitate Dean-Davis și înălțimea și înclinarea polului după Walther-Ubbelohde. La noi se folosește STAS-ul 55-49 pentru determinarea indicelui Dean-Davis, notat și indice de viscozitate I. V., care exprimă în mod convențional variația viscozității unui ulei în funcție de temperatură.

Indicele de viscozitate Dean-Davis folosește un sistem de referință avînd la bază două serii de uleiuri, dintre care unele posedă un coefi-

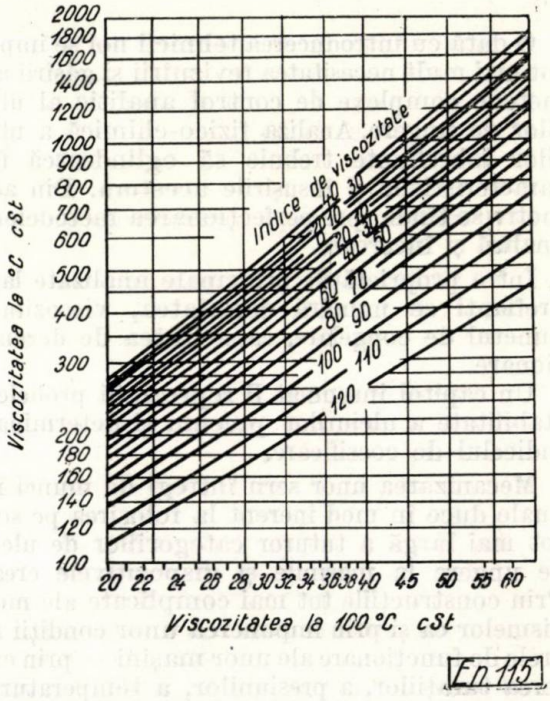


Fig. 1. Nomogramă parțială pentru determinarea indicelui de viscozitate

cient mic de viscozitate — temperatură (raportul dintre viscozitatea în secunde Saybolt la

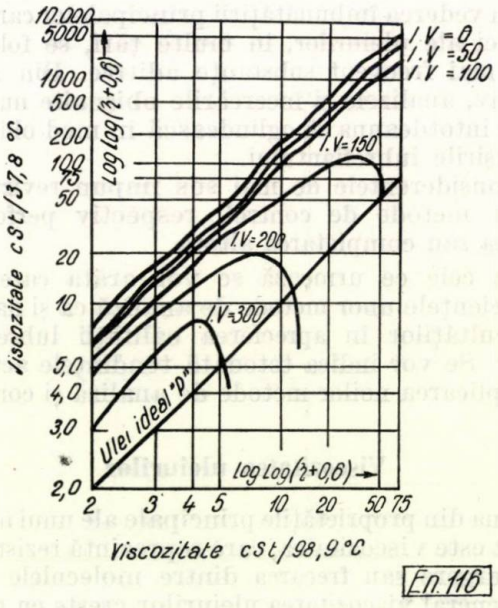


Fig. 2. Unele anomalii ale indicelui de viscozitate Dean-Davis

100 și 210° F al uleiurilor parafinice din Pennsylvania considerate cu *I. V.* = 100), iar celelalte — un coeficient mare de viscozitate —

temperatură (uleiurile asfaltoase Gulf Coastal considerate cu *I. V.* = 0). Se știe însă că într-o

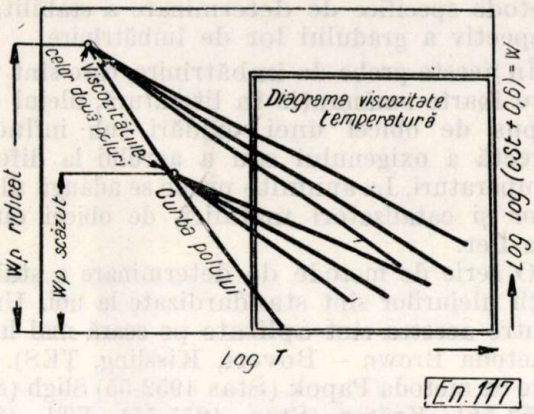


Fig. 3. Geometria curbei de viscozitate-temperatură care stă la baza conceptului „înălțimea polului" *Wp*.

serie de uleiuri de aceeași proveniență, panta curbei viscozitate-temperatură se accentuează pe măsură ce crește viscozitatea. De aceea, s-au stabilit ecuații empirice care exprimă viscozitatea la 37,8°C (100°F) în funcție de viscozitatea la 98,9°C (210°F) pentru fiecare din cele două serii de uleiuri alese ca referință în acest sistem. Indicele de viscozitate Dean-Davis al unui ulei se poate calcula și pe baza viscozităților cinematice la cele două temperaturi ale uleiurilor de referință (v. fig. 1). Deficiența acestei metode constă în faptul că scara indicată prezintă anomalii la *I. V.* >120. Două uleiuri cu aceeași viscozitate la 37,8°C, însă cu viscozitate diferită la 98,9°C, pot avea același *I. V.* Totodată, această scară nu admite adivitatea rezultatelor în cazul amestecurilor de uleiuri. Cauza constă în faptul că indicele *I. V.* este compus în mod direct din cifrele viscozității și acestea nu se pot aduna între ele pentru a obține medii. Indicele de viscozitate al unui amestec este în general mai mare decît valoarea medie a componenților.

Pentru demonstrarea celor de mai sus se arată în figura 2 variația viscozităților la 37,8°C,

în sistemul Walther-ASTM, pentru cele două uleiuri de referință (*I. V.* = 0 și 100). Tot aici se prezintă și alte uleiuri cu *I. V.* pînă la 300, precum și un ulei ideal „P" cu aceeași viscozitate la ambele temperaturi. Din figură se observă deviațiile uleiurilor de referință Dean-Davis de la linia dreaptă și anomalia lui *I. V.* pentru valori de 150 și mai mari.

Modul de a caracteriza relația viscozității-temperatură după înălțimea polului notat *Wp*, respectiv înclinarea *m* a polului, se bazează pe următoarele :

a) Curbele de viscozitate-temperatură ale uleiurilor reprezintă linii drepte dacă se exprimă viscozitatea în log·log. (η cSt + 0,6) în funcție de log *T* (temperatura absolută).

b) Curbele de viscozitate-temperatură menționate, ale unor uleiuri de diferite viscozități, provenite din același țiței sau de același tip, converg într-un punct denumit „polul viscozității", după cum se vede din figura 3.

O reprezentare a diagramei pentru determinarea înălțimii și a înclinării polului este arătată în figura 4. Această metodă grafică permite stabilirea relației viscozitate-temperatură cu ajutorul a două determinări de visco-

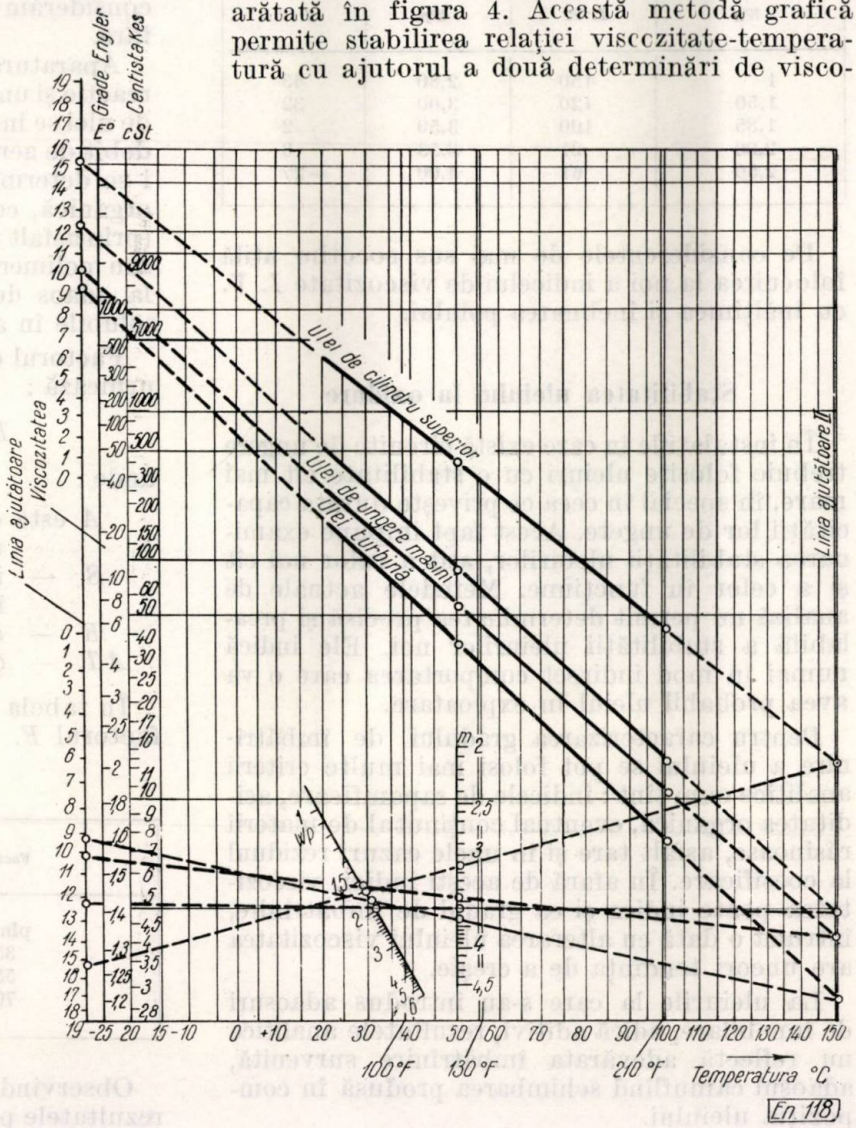


Fig. 4. Diagramă pentru determinarea înălțimii polului *Wp* și înclinarea polului *m* pe bază de determinări în °E sau cSt.

zitate la temperaturi diferite. Punctele se înscriu pe diagramă, se unesc și dreapta se prelungește pînă la cele două linii ajutătoare. Valoarea de la partea superioară a liniei ajutătoare nr. *1* se înscrie la partea inferioară a aceleiași linii și apoi se unește cu punctul de pe linia ajutătoare nr. 2 unde ajunge dreapta viscozităților la temperatura de 151,4°C. Valorile *Wp* și *m* se citesc la punctele de intersecție.

Din cauză că înălțimea polului are un caracter mai puțin arbitrar, acest sistem are aplicabilitate pentru un interval de viscozități mai mari decît indicele de viscozitate Dean-Davis. În plus, *Wp* este aditiv pentru valorile cuprinse între 1,8 și 4, ceea ce nu este cazul pentru *I. V.* Relația aproximativă dintre înălțimea polului și indicelui de viscozitate este redată în tabela 3.

Tabela 3

Relația aproximativă dintre Wp și I. V.

Wp	*I. V.*	*Wp*	*I. V.*
1	150	2,80	43
1,50	120	3,00	32
1,85	100	3,50	2
2,00	91	3,53	0
2,50	61	4,00	−27

Pe considerentele de mai sus socotim utilă înlocuirea la noi a indicelui de viscozitate *I. V.* cu înălțimea și înclinarea polului.

Stabilitatea uleiului la oxidare

În instalațiile în care există circuite de ungere trebuie folosite uleiuri cu o stabilitate cît mai mare, în special în ceea ce privește durata capacității lor de ungere. Acest fapt impune examinarea stabilității uleiurilor, atît a celor noi cît și a celor în funcțiune. Metodele actuale de analiză nu permit determinarea precisă și prealabilă a stabilității uleiurilor noi. Ele indică numai în mod indirect comportarea care o va avea probabil uleiul în exploatare.

Pentru caracterizarea gradului de îmbătrînire a uleiului se pot folosi mai multe criterii analitice cum sînt : indicele de saponificare, aciditatea organică, eventual conținutul de materii rășinoase, asfalt tare și în unele cazuri reziduul la cocsificare. În afară de acești indici, viscozitatea poate indica și ea gradul de îmbătrînire, întrucît o dată cu alterarea uleiului viscozitatea are uneori tendința de a crește.

La uleiurile la care s-au introdus adaosuri de înnobilare, adică aditivi, rezultatele analitice nu reflectă adevărata îmbătrînire survenită, adaosul camuflînd schimbarea produsă în compoziția uleiului.

Pentru a cunoaște comportarea uleiurilor în exploatare a fost necesară introducerea unor metode specifice de determinare a stabilității, respectiv a gradului lor de îmbătrînire.

În aceste probe de îmbătrînire, care sînt tratate foarte amănunțit în literatură, uleiul este supus de obicei unei oxidări sub influența directă a oxigenului sau a aerului la diferite temperaturi. La anumite probe se adaugă uleiurilor și catalizatori metalici, de obicei cupru sau fier.

O serie de metode de determinare a stabilității uleiurilor sînt standardizate la noi. Unele dintre acestea sînt aplicate pe scară mai largă (metoda Brown — Boveri, Kissling, TES). Altele ca metoda Papok (Stas 4952-55) Sligh (Stas 4953-55), Kröger (Stas 4955-55), VTI (Stas 5491-56) sînt mai puțin introduse.

O altă metodă mai recentă și mai complexă este dată de F. Eisenstechen. Datorită faptului că aplicarea acestei metode permite să se poată prevedea și evoluția procesului de alterare, o considerăm ca fiind cea mai utilă pentru exploatare.

Aparatura necesară constă dintr-un cuptor de reacție și un dispozitiv de dozarea aerului. Proba de ulei se încălzește timp de 45 ore la 172°C la un debit de aer de 5 l/h. După îmbătrînirea uleiului i se determină cifra de saponificare, aciditatea organică, conținutul de rășini și de asfalt tare (prin asfalt tare se înțeleg substanțele de oxidare sau polimerizare din produsele petrolifere, care la adaos de benzină normală, precipită, fiind solubile în alcool, STAS 114-49).

Factorul de îmbătrînire se calculează precum urmează :

$$F = A + S + R^2 + AT^2$$

unde :

A este cifra acidității organice exprimată în mg KOH/g;
S — indicele de saponificare exprimat în mg KOH/g;
R — conținutul de rășini în %;
AT — conținutul de asfalt tare în %.

În tabela 4 se arată toleranța admisă pentru factorul *F*.

Tabela 4

Factorul *F*	Toleranța
pînă la 35	+ 2
35—55	± 4
55—70	± 8
70—100	±16

Observînd că există diferențe simțitoare între rezultatele probelor paralel executate în diferite

laboratoare, s-a propus introducerea criteriului de *creştere a factorului F pe 1 000 ore de funcţionare*. Acest criteriu este valabil exclusiv la uleiurile în exploatare, la care factorul F se

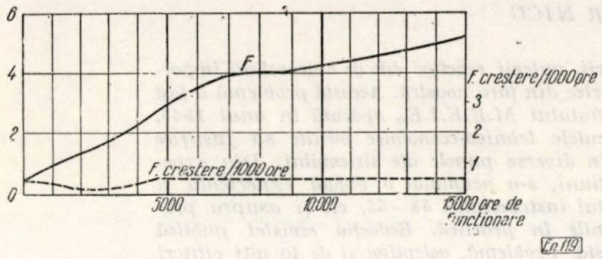


Fig. 5.

determină la anumite intervale. Creşterea factorului se calculează după formula :

$$F_{\text{creştere/1 000 h}} = \frac{(F_n - F_{n-1})\ 1\ 000}{(h_n - h_{n-1})}$$

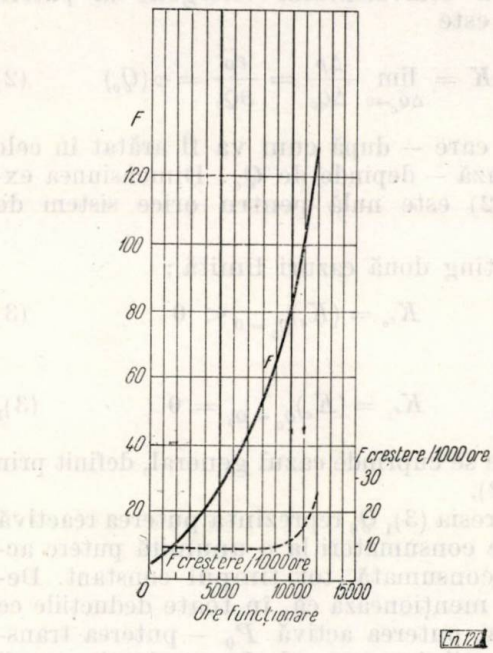


Fig. 6.

unde :

F este factorul de îmbătrînire ;
h — orele de funcţionare ;
n — numărul de ordine al probei analizate.

După exemplul arătat în figura 5, factorul F a crescut în decurs de 15 000 ore de funcţionare de la 1 la 5. În schimb, valoarea factorului $F_{\text{creştere}}$ este aproape constantă şi egală cu 0,4, ceea ce indică o îmbătrînire lentă, normală, deci o calitate corespunzătoare a uleiului.

În figura 6 se arată un alt exemplu. În decurs de 12 000 ore de funcţionare factorul F a crescut la 130. Din forma curbei se deduce că îmbătrînirea este în continuă creştere. Variaţia factorului $F_{\text{creştere}}$ între 1 000 şi 2 000 ore de funcţionare arată că în ulei s-au produs schimbări profunde de constituţie, care se pot datora şi condiţiilor de funcţionare. În continuare se vede din alura curbei că pînă la 7 000 ore de funcţionare constituţia uleiului rămîne constantă. Dincolo de 7 000 ore factorul se măreşte, ajungînd după 10 000 ore la valoarea 18 iar după 12 000 ore, chiar la 30. Această metodă de analiză a diferitelor forme de îmbătrînire la uleiurile în funcţiune permite să se prevadă evoluţia procesului de alterare.

Concluzii

Pe baza celor arătate, se poate constata că nu toate metodele de analiză pentru controlul uleiurilor lubrifiante, standardizate la noi pot fi considerate ca satisfăcătoare.

Revizuirea unor standarde sau completarea altora ar permite introducerea şi aplicarea unor metode analitice mai moderne, mai complexe şi mai obiective care ar asigura un control mai complet şi mai riguros al uleiurilor lubrifiante, mărind siguranţa în exploatare.

Bibliografie

[1] Rădulescu, G. A. — *Tehnologia uleiurilor minerale*, Bucureşti, Editura Tehnică, 1958.

[2] Thoenes, H. W. — *Stand der Prüfung von Schmierölen nach physikalischen und chemischen Untersuchungsverfahren*. Brenstoff — Chemie nr. 4, 1959.

[3] Vogelpohl, G. — *Das Viskozitäts-Temperatur-Verhalten von Schmierölen und seine Bedeutung für die Praxis* Erdöl und Kohle, 6, 1960.

[4] STAS — *Colecţia de standarde ale Comisiei de Standardizare*, Bucureşti.

Unele precizări relative la definirea echivalentului energetic al puterii reactive în cazul utilizării condensatoarelor statice

Ing. VLADIMIR NICU

Problema eficacității economice a compensării puterii reactive este de o deosebită importanță tehnico-economică pentru sectorul energiei electrice din țara noastră. Această problemă a fost reglementată oficial de Instrucțiunea nr. 58 — 55 a fostului M.E.E.I.E., apărută în anul 1955, care servește și în prezent de îndreptar pentru calculele tehnico-economice menite să justifice oportunitatea montării unor mijloace de compensare în diverse puncte ale sistemului. Din experiența de aplicare timp de 5 ani a acestor instrucțiuni, s-a acumulat o bogată experiență și există diferite păreri atît asupra formei și conținutului instrucțiunii 58—55, cît și asupra problemelor ridicate de aplicarea ei în cazurile întîlnite în practică. Redacția revistei publică spre discuție două prime puncte de vedere în această problemă, așteptînd și de la alți cititori să contribuie la precizarea ei.

NOTA REDACȚIEI

De mai mulți ani întreprinderile de electricitate și Unitatea Productivă de Dispecer Energetic efectuează calcule privind eficacitatea economică a compensării puterii reactive la toate nodurile sistemului electroenergetic, inclusiv la barele centralelor interconectate, la barele stațiilor și substațiilor și a posturilor de transformare. În acest scop se utilizează metodologia din [1], care a fost greșit și incomplet concepută din următoarele motive :

1. A fost greșit aplicată definiția derivatei care exprimă echivalentul energetic al puterii reactive ;

2. S-a considerat (parțial în mod greșit) că oriunde ar avea loc, în sistemul electroenergetic, compensarea puterii reactive, reducerea puterii reactive în toate ramurile are loc proporțional cu puterile de scurtcircuit ale tuturor centralelor din sistem ;

3. Nu s-a ținut seama de cazul dependenței tensiunii de puterea reactivă compensată din punctul respectiv.

Astfel greșeala de la pct. 1 se exemplifică prin aceea că pentru cazul $U \cong$ const (tensiunea în punctul unde se compensează puterea reactivă rămîne practic constantă), echivalentul energetic al puterii reactive K_e a fost definit în felul următor :

$$K_e = \lim_{Q \to 0} \frac{\Delta(\Delta p)}{Q_c}, \qquad (1)$$

unde $\Delta(\Delta p)$ este variația diferenței de pierderi în rețea atunci cînd variază puterea reactivă de compensare Q_c. Valoarea obținută pentru K_e, conform definiției din (1), nu depinde de Q_c. Greșeala constă în faptul că s-au confundat în [1] variabila independentă Q_c cu variația acesteia ΔQ_c respectiv funcția pierderilor p cu $\Delta p = p_0 - p$, ultima reprezentînd diferența de pierderi din cele două stări : *1)* fără compensarea puterii reactive (p_0) și (*2*) cu compensarea puterii reactive (p). Aceeași greșeală se regăsește și în [2].

Lucrarea de față își propune să aducă unele precizări la definirea echivalentului energetic al puterii reactive în cazul utilizării condensatorilor statici.

Potrivit condiției alese ($U \cong$ const.), definiția corectă a echivalentului energetic al puterii reactive este

$$K = \lim_{\Delta Q_c \to 0} \frac{\Delta p}{\Delta Q_c} = \frac{\partial p}{\partial Q_c} = \varphi(Q_c) \qquad (2)$$

expresie care — după cum va fi arătat în cele ce urmează — depinde de Q_c. Dimensiunea expresiei (2) este nulă pentru orice sistem de unități.

Se disting două cazuri limită :

$$K_{e_0} = (K_e)_{Q_c = 0} < 0 \qquad (3)$$

și

$$K_{e_1} = (K_e)_{Q_c = Q_0} = 0 \qquad (3)_1$$

între care se cuprinde cazul general, definit prin relația (2).

În expresia $(3)_1$ Q_0 reprezintă puterea reactivă cerută de consumatori la o anumită putere activă P_0 consumată, tot timpul constant. Dealtfel, se menționează că, în toate deducțiile ce vor urma, puterea activă P_0 — puterea transformată util în procesul de producție, va fi menținută constantă. Ulterior asupra ultimei precizări nu se va mai reveni.

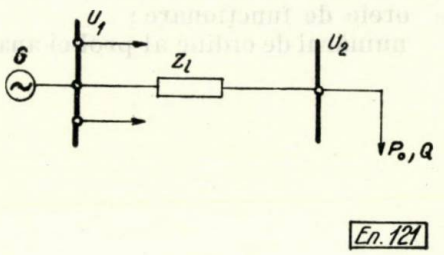


Fig. 1.

Se consideră un sistem electroenergetic simplificat din fig. 1, compus dintr-un generator echivalent G, care debitează asupra unui sistem de bare cu tensiunea U_1, de la care pleacă o

linie de impedanță Z_L, la capătul căreia, sub tensiunea U_2 un consumator absoarbe P_0 și Q. În cazul de față Q este variabil și se definește prin relația :

$$Q = Q_0 - Q_c, \qquad (4)$$

unde Q_c reprezintă puterea reactivă compensată. Pierderea de putere activă în rezistența ohmică R_L a liniei, ținînd seama (4), va fi :

$$p = \frac{S_0^2 + Q_c^2 - 2Q_0Q_c}{U_2^2} R_L = F(Q_c) \qquad (5)$$

în care $S_0^2 = P_0^2 + Q_0^2$. Condiția expusă mai sus se menține în cazul de față și anume $U_2 \cong$ $\cong$ const. nedepinzînd practic de Q_c. Conform (2) se obține

$$K_e = \frac{2R_L}{U_2^2}(Q_c - Q_0) \leqslant 0, (Q_c \leqslant Q_0) \qquad (6)$$

din care rezultă (așa cum s-a arătat) valorile limită pentru K_e :

$$K_{e_0} = -\frac{2R_L}{U_2^2} Q_0 < 0, \qquad (6)_1$$

$$K_{e_1} = 0. \qquad (6)_2$$

După [1] și [2], datorită faptului că s-a luat în considerare diferența de pierderi $p_0 - p$, relația $(6)_1$ apare cu semn schimbat (+), ceea ce face să dispară sensul fizic al problemei.

În conformitate cu definiția corectă a echivalentului energetic al puterii reactive, se dă graficul din fig. 2.

Aria hașurată din figura 2 reprezintă, la o anumită scară, reducerea pierderilor de energie activă în linie prin compensarea variabilă a puterii reactive la consumator (barele U_2, fig. 1). Se observă că derivata (K_{e_0}) funcției p în punctul M este negativă, iar în punctul N derivata (K_{e_1}) este nulă.

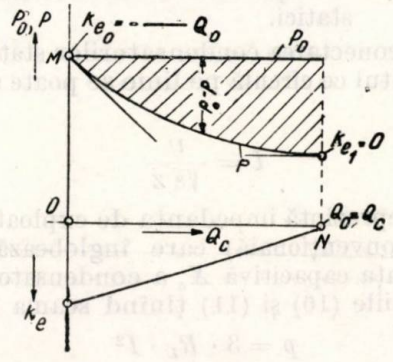


Fig. 2.

S-a arătat la începutul lucrării de față că a doua greșeală dată de metodologia din [1] constă în aceea că, independent de locul unde are loc compensarea puterii reactive, reducerea acesteia în toate ramurile are loc proporțional cu puterile de scurtcircuit ale centralelor interconectate. După cum va fi arătat mai jos, acest lucru este numai în parte adevărat.

Se dă sistemul electroenergetic din fig. 3. Prin $q_{1.2.3}$ s-au notat puterile reactive debitate

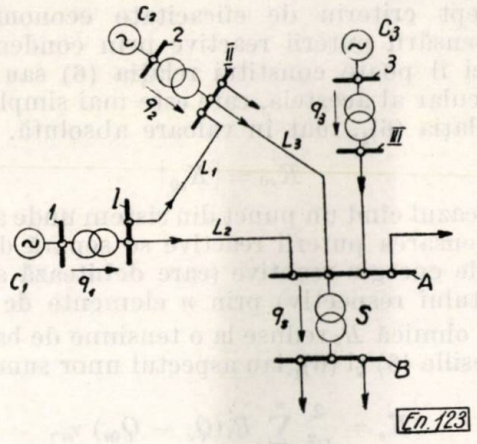


Fig. 3.

de centralele $C_{1.2.3}$ (puteri reactive ce ies din generatori) ; cifrele arabe reprezintă numerotarea barelor asupra cărora debitează direct generatorii (însăși barele generatorilor), iar cifrele romane barele stațiilor ridicătoare, $L_{1.2.3}$ fiind liniile de interconexiune. După metodologia din [1], dacă se admite ipoteza că o parte din puterea reactivă ar urma să se compenseze la barele *1*, atunci întregul sistem trebuie redus la barele *1*, analog unui calcul de scurtcircuit, cu deosebirea că în loc să se afle aportul fiecărei centrale la puterea de scurtcircuit de la barele *1*, se determină, după coeficienții de circulație respectivi, reducerea debitului de putere reactivă din fiecare centrală. Această metodă nu concordă deloc cu felul cum în sistem se distribuie puterile reactive în vederea reglajului tensiunilor.

Este limpede că dacă la barele *1* se compensează întreaga putere reactivă q_1 ($q_1 - Q_c = 0$) prin baterii de condensatori statici, centralele $C_{1.2}$, practic, nu-și modifică puterile reactive debitate $q_{2.3}$. Prin urmare, reducerea pierderilor de putere activă va avea loc numai în rezistența ohmică a generatorilor sau compensatorilor sincroni ai centralei C_1, respectiv echivalentul energetic al puterii reactive va fi determinat exclusiv de parametrii corespunzători dintre barele *1* și centrală. În cazul exemplului de față, metodologia din [1] presupune în mod greșit că pierderile de putere activă se reduc în toate ramurile sistemului, inclusiv în rezistența tuturor generatorilor, transformatorilor, etc.

Întregul sistem contribuie într-adevăr la reducerea pierderilor de putere activă numai în cazul cînd compensarea puterii reactive se produce,

spre exemplu, la barele B ale stației coborîtoare S.

Dacă puterea reactivă se compensează la barele II, este evident că atît centrala C_1, cît și centrala C_2 își modifică debitul de putere reactivă din generatori, iar la centrala C_3 acesta rămîne neschimbat.

Drept criteriu de eficacitate economică a compensării puterii reactive prin condensatori statici îl poate constitui relația (6) sau cazul particular al acesteia, care este mai simplu, dat de relația $(6)_1$, luat în valoare absolută.

$$K'_{e0} = |K_{e0}|$$

În cazul cînd un punct din sistem unde are loc compensarea puterii reactive se separă de sursele de energie reactive (care debitează asupra punctului respectiv) prin n elemente de rezistență ohmică R'_i reduse la o tensiune de bază U_b expresiile (6) și $(6)_1$ iau aspectul unor sume

$$K_e = \frac{2}{U_b^2} \sum_{i=1}^{n} R'_i (Q_c - Q_{0i})\, \eta_i , \qquad (7)$$

$$K_{e0} = \frac{2}{U_b^2} \sum_{i=1}^{n} |-R'_i Q_{0i}|\, \eta_i , \qquad (7)_1$$

unde :

η_i este coeficientul de circulație al elementului i prin care are loc reducerea puterii reactive ;

Q_c — puterea reactivă compensată în punctul considerat ;

Q_{0i} — puterea reactivă care a circulat prin elementul i înainte de compensare ;

U_b — tensiunea la capătul elementului i.

Tensiunea U_b din relațiile (7) și (7), s-a presupus că nu depinde de $\eta_i Q_c$ (reducerea puterii reactive din elementul i), fiind din acest motiv invariabilă și egală pentru toate elementele.

Prin eliminarea lui Q_c, din relația (7) și expresia generală a pierderilor

$$p = \Sigma p_i = \frac{1}{U_b^2} \sum_{i=1}^{n} \left[P_{0i}^2 + (Q_{0i} - \eta_i Q_c)^2 \right] R'_i$$

se obține relația dintre pierderile de energie și echivalentul energetic al puterii reactive :

$$p = \psi (K_e) .$$

Eliminînd, de asemenea, pe Q din relația (7) și expresia factorului de putere

$$\cos \varphi = \frac{1}{\sqrt{1 + \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{Q_{0i} - \eta_i Q_c)}{P_{0i}} \right)^2}}$$

se obține relația între $\cos \varphi$ și K_e :

$$\cos \varphi = \Phi (K_e) .$$

În cele ce urmează va fi definit echivalentul energetic al puterii reactive pentru cazul cînd tensiunea U, din punctul unde se compensează puterea reactivă depinde de Q_c, ceea ce se exprimă prin caracteristica statică

$$U = f(Q_c) . \qquad (8)$$

Definiția echivalentului energetic al puterii reactive pentru acest caz a fost dată de [4], ea fiind obligatorie pentru punctele din sistem ce alimentează prin linii radiale lungi majoritatea marilor consumatori, care dispun de motoare asincrone. Liniile radiale de acest fel pot atinge lungimi de 25—30 km, alimentînd cca 35—40 mari consumatori. Se face observația că neținînd seama, în acest caz, de influența compensării puterii reactive asupra nivelului de tensiune ce se poate obține, ar putea să apară în condiții speciale unele dezavantaje pentru sistem [5], [6]. Aceste dezavantaje nu vor fi prezentate în lucrarea de față, ea limitîndu-se la problema specifică a echivalentului energetic al puterii reactive.

Ținînd seama de (8) funcția pierderilor va fi

$$p = F(Q_c, U) ,$$

iar echivalentul energetic al puterii reactive

$$\frac{\partial p}{\partial Q_c} = \frac{\partial F}{\partial Q_c} + \frac{\partial F}{\partial U} \cdot \frac{\partial U}{\partial Q_c} . \qquad (9)$$

Se consideră schema sistemului simplificat din fig. 1, la care se adaugă, la barele U_2, o baterie de condensatori statici conectați în stea (în figură condensatorii nu figurează). După conectarea condensatorilor la barele U_2, pierderile de putere în rezistența ohmică R_L a liniei vor fi :

$$p = \frac{U_0^2}{S_0^2} \cdot \frac{S^2}{U^2} p_0 = \frac{U_0^2}{S_0^2} \cdot \frac{[P_0^2 + (Q_0 - Q_c)^2]}{U^2} p_0 , \qquad (10)$$

unde :

U_0, S_0, p_0 reprezintă tensiunea, puterea aparentă absorbită, pierderile de putere înainte de conectarea condensatorilor statici ;

U, S, p — după conectarea condensatorilor statici.

După conectarea condensatorilor statici, pentru curentul ce circulă pe linie se poate scrie expresia

$$I = \frac{U}{\sqrt{3}\, Z} \qquad (11)$$

unde Z reprezintă impedanța de exploatare (denumire convențională) care înglobează în sine și reactanța capacitivă X_c a condensatorilor.

Expresiile (10) și (11) ținînd seama că

$$p = 3 \cdot R_L \cdot I^2$$

formează sistemul de ecuații din care rezultă pentru U

$$U = \sqrt{Z} \cdot \sqrt[4]{P_0^2 + (Q_0 - Q_c)^2} . \qquad (12)$$

Impedanța Z datorită punerii în paralel a reactanței capacitive pe fază $X_c = \frac{-j}{\omega C}$ cu impe-

danța de exploatare pe fază $z_0 = r_0 + jx_0$, are următoarea expresie

$$Z = \frac{Z_0'}{\sqrt{\omega^2 \cdot Z_0'^2 \cdot C^2 - 2\omega \cdot x_0' \cdot C + 1}} \qquad (13)$$

unde $Z_0' = \sqrt{r_0^2 + x_0'^2} \geqslant Z_0$, deoarece $x_0' \geqslant x_0$, aceste inegalități datorindu-se faptului că prin creșterea tensiunii — ca urmare a compensării puterii reactive — reactanța de exploatare x_0 din expresia impedanței Z_0 crește, obținînd valoarea x_0'.

Întrucît expresia (13) este sub formă de raport și datorită faptului că x_0' variază în limite restrînse, se poate admite aproximarea :

$$Z \cong \frac{Z_0}{\sqrt{\omega^2 \cdot Z_0^2 \cdot C^2 - 2\omega \cdot x_0 C + 1}} \qquad (14)$$

în care Z_0 se definește în funcție de tensiunea U_0 și curentul I_0 la capătul liniei înainte de compensarea puterii reactive

$$Z_0 = \frac{U_0}{\sqrt{3} \cdot I_0}. \qquad (15)$$

Capacitatea C din relația (14) se exprimă în funcție de parametrii de construcție ai bateriei de condensatoare (puterea reactivă, tensiunea și frecvența nominale) :

$$C = \frac{Q_{cn}}{\omega_n \cdot U_n^2}. \qquad (16)$$

Există deci o relație liniară între Q_c și C de forma

$$C = K \cdot Q_c, \left(K = \frac{1}{\omega_n \cdot U_n^2}\right). \qquad (17)$$

Înlocuind pe C din (14) cu expresia din (17) și ținînd seama de (12), și neglijînd totodată scăderea puterii reactive debitată de bateria de condensatori conectată la o tensiune mai scăzută se obține pentru U

$$U = \sqrt{Z_0} \sqrt[4]{\frac{P_0^2 + (Q_0 - Q_c)^2}{Z_0^2 \cdot \frac{Q_c^2}{U_n^4} - 2x_0 \frac{Q_c}{U_n^2} + 1}}. \qquad (18)$$

Prin înlocuirea lui U din (10) cu expresia (18) se obține după unele simplificări :

$$p = \frac{P_0}{S_0} \sqrt{[P_0^2 + (Q_0 - Q_c)^2] \left[\frac{Z_0^2}{U_n^4} Q_c^2 - \frac{2x_0}{U_n^2} Q_c + 1\right]}. \qquad (19)$$

Echivalentul energetic al puterii reactive [relația (9)] va fi

$$\frac{\partial p}{\partial Q_c} = \frac{P_0}{S_0} \frac{(Q_c - Q_0) \cdot \left[\frac{Z_0^2}{U_n^4} Q_c^2 - \frac{2x_0}{U_n^2} Q_c + 1\right] + [P_0^2 + (Q_0 - Q_c)^2] \cdot \left[\frac{Z_0^2}{U_n^4} Q_c - \frac{x_0}{U_n^2}\right]}{\sqrt{[P_0^2 + (Q_0 - Q_c)^2] \left[\frac{Z_0^2}{U_n^4} Q_c^2 - \frac{2x_0}{U_n^2} Q_c + 1\right]}} \qquad (20)$$

din care rezultă valorile extreme (K_{e0}, K_{e_1}) :

$$K_{e0} = -\frac{R_L}{U_0^2}\left(Q_0 + \frac{x_0}{U_n^2} \cdot S_0^2\right) < 0 ; \qquad (20)_1$$

$$K_{e1} = \cos \varphi_0 \cdot p_c \cdot \frac{\left[\frac{Z_0^2}{U_n^4} Q_0 - \frac{x_0}{U_n^2}\right]}{\sqrt{\frac{Z_0^2}{U_n^4} \cdot Q_0^2 - \frac{2x_0}{U_n^2} Q_0 + 1}}. \qquad (20)_2$$

Pentru scopuri practice echivalentul energetic al puterii reactive dat de relația (20) nu poate fi utilizat datorită formei complicate pe care o are. În schimb cazul particular al acestuia dat de relația $(20)_1$, care este mai simplu, luat în valoare absolută, poate fi utilizat, avînd în cazul general aspectul unei sume

$$K_{e0} = \sum_{i=1}^{n} \left| -\frac{R_i}{U_{0i}^2}\left(Q_{0i} + \frac{x_{0i}}{U_n^2} \cdot S_{0i}^2\right)\right| \eta_i \qquad (21)$$

în care semnificația tuturor parametrilor este cunoscută.

Reactanța x_{oi} din relația (21) se determină pentru elementul i din ecuația :

$$\sin \varphi_{0i} = \frac{x_{0i}}{Z_{0i}} \qquad (22)$$

unde $\sin \varphi_{0i}$ și Z_{0i} se determină cu parametrii cunoscuți în punctul i înainte de compensare.

În continuare trebuie arătat că se impune restudierea laturei economice a problemei compensării puterii reactive, cunoscînd că așa cum aceasta se prezintă în [1] și [7] nu reiese că valoarea efortului de investiții cheltuit pentru instalarea de condensatori statici reprezintă un minim. Determinarea valorii minime a investițiilor este strîns legată de epuizarea tuturor măsurilor de compensare naturală a puterii reactive la consumator.

În prezent la o serie de mari consumatori există planuri de instalare și s-au instalat mai de mult baterii de condensatori statici la bornele de joasă tensiune ale unor transformatori slab încărcați. Se înțelege că printr-o redistribuire justă a transformatorilor s-ar putea elimina o parte din pierderile din mers în gol și în sarcină ale acestora, respectiv investițiile ce ar urma să se cheltuiască pentru baterii de condensatori statici ar fi sensibil mai scăzute.

Concluzii

Determinarea echivalentului energetic al puterii reactive în conformitate cu metodologia din [1] conține unele erori de principiu și de aceea metoda respectivă nu oferă un criteriu just privitor la eficacitatea economică a compensării puterii reactive prin condensatori statici.

În consecință, se impune, ținîndu-se seama de precizările din prezenta lucrare, elaborarea unei instrucțiuni noi. Trebuie, de asemenea, pus un accent deosebit asupra laturii economice a problemei în cauză, în vederea reducerii efortului de investiții.

Bibliografie

[1] MEEIE: Instr. 58—55 pentru determinarea eficacității compensării puterii reactive.

[2] Petrescu Gh. *Factorul de putere în rețelele electrice.* Editura Tehnică, 1957;

[3] Golovan A. T., Grudinski P. G. etc.: *Îndreptar electrotehnic,* E.E.S., 1955;

[4] Marcovici M. I.: *Sistemele energetice și regimurile lor de funcționare, EES,* 1955.

[5] Venicov V. A.: *Vlianie coeficienta moșcinosti nagruzchi na eio ustoicivosti,* Electricestvo Nr. 6, 1960.

[6] Melnicov N. A.: *Uproșcenti sposob otenchi ustovii ustoicivosti rejima uzla nagruzchi,* Electricestvo nr.6, 1960.

[7] Litvac L. V.: *Problemele ameliorării factorului de putere în întreprinderi industriale,* E.E.S., 1952.

Observații cu privire la lucrarea tov. ing. Vladimir N. intitulată: „Unele precizări relative la definirea echivalentului energetic al puterii reactive în cazul utilizării condensatoarelor statice"

Conf. ing. *CĂLIN MIHĂILEANU*

În lucrarea menționată, autorul consideră trei aspecte sub care metodologia din Instrucțiunea nr. 58—55 a MEEIE [1] este, după părerea sa, „greșită și incomplet concepută". Aceste trei aspecte sînt expuse chiar la începutul lucrării tov. ing. Nicu Vladimir [2]. Vom relua primul și al treilea dintre aceste aspecte, expunîndu-ne punctul nostru de vedere asupra lor.

1. Definirea corectă a echivalentului energetic al puterii reactive

Se consideră un sistem electroenergetic în care într-un punct al său se consumă o putere activă P și o putere reactivă Q.

Pierderile totale de putere activă din sistem prin efect Lenz-Joule, ocazionate de transportul acestor puteri P și Q din punctele unde sînt generate și pînă în punctul unde sînt consumate, sînt date de relația:

$$p \cong 1{,}1 \frac{1}{V_{k\,med}^2} \sum_{i=1}^{n} R_i' (P_i^2 + Q_i^2), \qquad (1)$$

în care:

$V_{i\,med}$ — este tensiunea medie între faze pe ramura i a sistemului;

$V_{k\,med}$ — tensiunea de baza aleasă (una dintre tensiunile $V_{i\,med}$ aleasă arbitrar);

$R_i' = R_i \frac{(V_{k\,med})^2}{V_{i\,med}}$ — rezistența redusă a ramurii i în raport cu tensiunea de bază;

P_i — partea din P care trece prin ramura i;

Q_i — partea din Q care trece prin ramura i.

Relația (1) de mai sus este identică cu relația (11) din lucrarea [1].

Se consideră în continuare două stări ale sistemului caracterizate:

— prima printr-un consum de putere activă $P = P_0$ și de putere reactivă $Q = Q_0$;

— o a doua stare, în care consumul de putere activă rămîne același ($P = P_0$), iar consumul de putere reactivă variază, devenind Q. Dacă această variație se datorește compensării prin montarea unor condensatoare de putere Q_c (variabilă), avem relația:

$$Q = Q_0 - Q_c. \qquad (2)$$

Se presupune că la orice valoare a consumului de putere reactivă Q, cota-parte din această putere, ce trece prin fiecare ramură i a sistemului, rămîne aceeași; așadar:

$$Q_{i0} = \eta_i Q_0 \text{ pentru starea întîia} \qquad (3)$$

și

$$Q_i = \eta_i Q, \text{ pentru starea a doua.} \qquad (4)$$

Să notăm cu:

p_0 — valoarea pierderilor din sistem în starea întîia;

p — valoarea pierderilor din sistem în starea a doua;

$\Delta p = p_0 - p$ — reducerea pierderilor de la starea întîia la a doua (dacă de ex. se procedează la instalarea unor condensatoare de putere Q_c).

Se poate defini echivalentul energetic al puterii reactive în patru moduri:

a) $\frac{\partial p}{\partial Q}$, adică variația pierderilor de putere activă în sistem la o variație elementară a consumului de putere reactivă;

b) $\frac{\partial p}{\partial Q_c}$, adică variația pierderilor de putere activă în sistem la o variație elementară a puterii reactive compensate;

c) $\frac{\partial \Delta p}{\partial Q}$, adică variația reducerii pierderilor de putere activă la o variație elementară a consumului de putere reactivă;

d) $\frac{\partial \Delta p}{\Delta Q_c}$, adică variația reducerii pierderilor de putere activă la o variație elementară a puterii reactive compensate.

Este aproape evident că toate aceste patru definiții sînt — abstracție făcînd de semn — identice și că ele depind de consumul de putere reactivă Q, respectiv de puterea reactivă compensată Q_c.

Într-adevăr, avem :

$$\frac{\partial p}{\partial Q} = -\frac{\partial p}{\partial Q_c} = -\frac{\partial \Delta p}{\partial Q} = \frac{\partial \Delta p}{\partial Q_c} \qquad (5)$$

deoarece $dQ = -dQ_c$ și $d\Delta p = -dp$.

Prima și cea de-a patra expresie a echivalentului energetic sînt pozitive, deoarece la o creștere a consumului de putere reactivă cresc și pierderile de putere activă, respectiv la o creștere a puterii compensate, crește reducerea pierderilor de putere activă. Expresia a doua și a treia sînt negative, deoarece la o creștere a puterii reactive compensate scad pierderile, respectiv la o creștere a consumului de putere reactivă scade reducerea de pierderi.

Autorul lucrării [2] consideră că echivalentul energetic K_e trebuie definit după expresia a doua $\left(K_e = \frac{\partial p}{\partial Q_c}\right)$, susținînd că în instrucțiunea [1] el ar fi definit conform cu :

$$K_e = \lim_{Q_c \to 0} \frac{\Delta(\Delta p)}{Q_c} \qquad \text{(vezi formula (1) din [2]).}$$

Această afirmație este lipsită de temei deoarece instrucțiunea [1] definește echivalentul energetic după prima definiție $\left(K_e = \frac{\partial p}{\partial Q}\right)$.

Într-adevăr la pag. 11 din [1] se scrie :

„Derivînd în raport cu Q relația (11), care dă pierderile p [și este identică cu relația (1) din prezenta lucrare (N.ns)] și notînd cu K_e această derivată, obținem :

$$K_e = \frac{\partial p}{\partial Q} = 1{,}1 \frac{2}{V_{k\,med}^2} \sum_{i=1}^{n} R_i' Q_{i_1} \eta_i \qquad (18)$$

K_e se numește „echivalentul energetic al puterii reactive".

Așadar, este nejustificată afirmația din [2] cu privire la definirea echivalentului energetic al puterii reactive, întrucît ambele lucrări, [1] și [2], au o aceeași definiție a acestuia, cu deosebire doar la semn.

În ce ne privește considerăm că este logic să se definească echivalentul energetic al puterii reactive fie conform definiției a), fie conform definiției d); prin urmare, în această lucrare se va defini :

$$K_e = \frac{\partial p}{\partial Q} = \frac{\partial \Delta p}{\partial Q_c}. \qquad (6)$$

În cele de mai jos se va arăta că oricare dintre cele patru moduri de a defini echivalentul economic al puterii reactive conduce la aceeași expresie, care depinde de consumul de putere reactivă Q, respectiv de puterea reactivă compensată Q_c.

Într-adevăr, cu notațiile de mai sus avem :

$$p_0 = 1{,}1 \frac{1}{V_{k\,med}^2} \sum_{i=1}^{n} R_i' (P_{i0}^2 + Q_{i0}^2) \qquad (7)$$

$$p = 1{,}1 \frac{1}{V_{k\,med}^2} \sum_{i=1}^{n} R_i' (P_{i0}^2 + Q_i^2) =$$

$$= 1{,}1 \frac{1}{V_{k\,med}^2} \sum_{i=1}^{n} R_i' (P_{i0}^2 + \eta_i^2 Q^2) =$$

$$= 1{,}1 \frac{1}{V_{k\,med}^2} \sum_{i=1}^{n} R_i' \left[P_{i0}^2 + (Q_{i0} - \eta_i \cdot Q_c)^2 \right] \qquad (8)$$

$$\Delta p = p_0 - p = 1{,}1 \frac{1}{V_{k\,med}^2} \sum_{i=1}^{n} R_i' (Q_{i0}^2 - Q_i^2) =$$

$$= 1{,}1 \frac{1}{V_{k\,med}^2} \sum_{i=1}^{n} R_i' (Q_{i0}^2 - \eta_i^2 Q^2) =$$

$$= 1{,}1 \frac{1}{V_{k\,med}^2} \sum_{i=1}^{n} [R_i' Q_{i0}^2 - (Q_{i0} - \eta_i Q_c)^2] =$$

$$= 1{,}1 \frac{1}{V_{k\,med}^2} \sum_{i=1}^{n} R_i' (2 Q_{i0} \eta_i \cdot Q_c - \eta_i^2 \cdot Q_c^2) \qquad (9)$$

Calculînd cele patru derivate, avem :

$$K_e = \frac{\partial p}{\partial Q} = \frac{\partial}{\partial Q} 1{,}1 \frac{1}{V_{k\,med}^2} \sum_{i=1}^{n} R_i' (P_{i0}^2 + \eta_i^2 Q^2) =$$

$$= 1{,}1 \frac{2}{V_{k\,med}^2} \sum_{i=1}^{n} R_i' Q_i \eta_i \qquad (10)$$

$$\frac{\partial p}{\partial Q_c} = \frac{\partial}{\partial Q_c} 1{,}1 \frac{1}{V_{k\,med}^2} \sum_{i=1}^{n} R_i' [P_{i0}^2 + (Q_{i0} - \eta_i \cdot Q_c)^2] =$$

$$= 1{,}1 \frac{1}{V_{k\,med}^2} \sum_{i=1}^{n} R_i' \cdot 2 (Q_{i0} - \eta_i \cdot Q_c)(-\eta_i) =$$

$$= -1{,}1 \frac{2}{V_{k\,med}^2} \sum_{i=1}^{n} R_i' Q_i \eta_i = -K_e \qquad (11)$$

$$\frac{\partial \Delta_p}{\partial Q} = \frac{\partial}{\partial Q}\left[1{,}1\,\frac{1}{V^2_{k\,med}}\sum_{i=1}^{n} R'_i (Q^2_{i0} - \eta_i^2 Q^2)\right] =$$

$$= 1{,}1\,\frac{1}{V^2_{k\,med}}\sum_{i=1}^{n} R'_i (-2\eta_i^2 Q) =$$

$$= -\,1{,}1\,\frac{2}{V^2_{k\,med}}\sum_{i=1}^{n} R'_i Q_i \eta_i = -K_e \qquad (12)$$

$$\frac{\partial \Delta p}{\partial Q_c} = \frac{\partial}{\partial Q_c}\left[1{,}1\,\frac{1}{V^2_{k\,med}}\sum_{i=1}^{n} R'_i (2Q_{i0}\,\eta_i\,Q_c - \eta_i^2 Q_c^2)\right] =$$

$$= 1{,}1\,\frac{1}{V^2_{k\,med}}\sum_{i=1}^{n} R'_i\, 2\eta_i\,(Q_{i0} - \eta_i Q_c) =$$

$$= 1{,}1\,\frac{2}{V^2_{k\,med}}\sum_{i=1}^{n} R'_i Q_i \eta_i = K_e. \qquad (13)$$

Se constată exactitatea celor afirmate mai sus că toate cele patru definiții conduc la expresii avînd aceeași valoare absolută și că toate depind de Q_i, deci de Q, deci de Q_c.

Sensul fizic al acestui rezultat este că eficacitatea economică a montării unui condensator de 1 kvar nu este aceeași dacă el este primul sau dacă el se montează după ce au mai fost montați și alții sau, cu alte cuvinte, că eficacitatea economică a montării unui condensator de 1 kvar este din ce în ce mai mică cu cît factorul de putere a fost deja îmbunătățit.

Echivalentul energetic al primului kvar compensat este :

$$K_{e0} = (K_e)^{Q=Q_0}_{Q_c=0} = 1{,}1\,\frac{2}{V^2_{k\,med}}\sum_{i=1}^{n} R'_i Q_{i0}\,\eta_i \qquad (14)$$

expresie identică — mai puțin semnul — cu expresia (3) din lucrarea [2].

După cum se vede din (14) K_{e0} nu depinde și nici nu poate să depindă nici de Q, nici de Q_c, deoarece reprezintă valoarea inițială (înainte de a se fi produs compensarea cu Q_c, respectiv modificarea lui Q_0 în Q) a echivalentului energetic.

În instrucțiunea [1], expresia (18), care definește expresia echivalentului energetic al puterii reactive, este identică cu expresia (14) de mai sus, cu alte cuvinte, în instrucțiunea [1] se lucrează de fapt cu echivalentul energetic inițial K_{e0} și nu cu echivalentul energetic propriu-zis K_e. Din acest punct de vedere, instrucțiunea [1] este deficientă, deoarece relația (18) din [1] nu este corectă, căci :

$$\frac{\partial p}{\partial Q} \neq 1{,}1\,\frac{2}{V^2_{k\,med}}\sum_{i=1}^{n} R'_i Q_{i0}\,\eta_i \qquad (15)$$

În instrucțiunile [1] ar fi fost deci necesar să se precizeze că :

a) echivalentul energetic K_e se definește ca $\frac{\partial p}{\partial Q}$, care depinde de Q și de Q_c ;

b) pentru calculele folosite în continuare interesează însă numai valoarea inițială a acestui echivalent energetic :

$$K_{e0} = 1{,}1\,\frac{2}{V^2_{k\,med}}\sum_{i=1}^{n} R'_i Q_{i0}\,\eta_i$$

care nu depinde de Q și de Q_c.

În măsura în care o instrucțiune este datoare să și explice riguros noțiunile cu care se lucrează și sensul lor fizic, precizările de mai sus ar fi fost binevenite și ar fi evitat unele confuzii la cei ce folosesc instrucțiunile.

Lipsa de precizare și chiar eroarea pusă în evidență prin inegalitatea (15) din lucrarea de față nu antrenează însă alte erori în continuarea instrucțiunii [1], așa cum s-ar putea crede.

Într-adevăr, echivalentul energetic, ca și mărimea notată cu A :

$$A = 1{,}1\,\frac{1}{V^2_{k\,med}}\sum_{i=1}^{n} R'_i \eta_i^2 \text{ (vezi (19) din [1])}$$

servesc doar pentru un calcul ușor al reducerii de pierderi Δp.

Cu notațiile noastre, reluînd expresia (9) obținem :

$$p = 1{,}1\,\frac{1}{V^2_{k\,med}}\sum_{i=1}^{n} R'_i (2Q_{i0}\,\eta_i \cdot Q_c - \eta_i^2 Q_c^2) =$$

$$= Q_c\, 1{,}1\,\frac{2}{V^2_{k\,med}}\sum_{i=1}^{n} R'_i\, Q_{i0}\,\eta_i -$$

$$- Q_c^2 \cdot 1{,}1\,\frac{1}{V^2_{k\,med}}\sum_{i=1}^{n} R'_i\,\eta_i^2 =$$

$$= Q_c \cdot K_{e0} - Q_c^2 \cdot A \qquad (16)$$

Relația (16), identică cu relația (20) din [1], arată că pentru a calcula reducerea de pierderi avem nevoie de echivalentul energetic inițial K_{e0} (notat cu K_e și denumit echivalent energetic și calculat cu relația (18) în [1]). Prin urmare, în continuare, pentru calculul reducerii de pierderi Δp, instrucțiunea [1] este corectă.

Acest lucru se cuvine a fi subliniat, deoarece în [2], după ce se face critica modului în care se definește echivalentul energetic în [1], nu se arată cum ar trebui calculate reducerile de pierderi Δp dacă s-ar folosi echivalentul energetic propriu-zis (care depinde de Q și de Q_c).

Se va arăta că acest lucru este posibil.

Într-adevăr, pornind tot de la (9) și ținînd cont că din (2); (3) și (4) rezultă :

$$Q_{i0} = Q_i + \eta_i \cdot Q_c, \qquad (17)$$

putem scrie succesiv :

$$\Delta p = 1{,}1\,\frac{1}{V^2_{k\,med}}\sum_{i=1}^{n} R'_i (2Q_{i0}\,\eta_i\,Q_c - \eta_i^2 Q_c^2) =$$

$$= 1{,}1\,\frac{1}{V^2_{k\,med}}\sum_{i=1}^{n} R'_i (2\,Q_c\,\eta_i (Q_i + \eta_i Q_c) - \eta_i^2 Q_c^2) =$$

$$= Q_c \cdot 1{,}1\,\frac{2}{V^2_{k\,med}}\sum_{i=1}^{n} R'_i Q_i\,\eta_i +$$

$$+ Q_c^2 \cdot 1{,}1\,\frac{1}{V^2_{k\,med}}\sum_{i=1}^{n} R'_i \eta_i^2 =$$

$$= Q_c \cdot K_e + Q_c^2 \cdot A. \qquad (18)$$

Aşadar, reducerea pierderilor poate fi calculată şi pornind de la echivalentul energetic propriu-zis K_e, dar cu formula (18) diferită de (16) nu numai prin introducerea lui K_e în loc de K_{e0} ci şi prin semnul + în loc de — înaintea termenului $Q_c^2\ A$.

Dintre cele două moduri de calcul, fără îndoială că primul este cel mai practic deoarece K_{e0}, ca şi A, sînt constante care nu depind de gradul de compensare, ci doar de configuraţia reţelei, în timp ce K_e depinde de Q_c şi de Q. K_{e0} şi A se pot deci calcula o singură dată, şi apoi pentru diverşi Q_c se poate calcula reducerea pierderilor conform relaţiei (16). Acesta este de altfel şi modul de lucru preconizat de instrucţiune [1], a cărei singură deficienţă se reduce deci la neclaritatea (neprecizarea deosebirii dintre K_e şi K_{e0} şi a faptului că se lucrează cu K_{e0}).

Mărimea echivalentului energetic K_e se poate determina uşor din cea a echivalentului energetic iniţial K_{e0}, pentru diferite puteri reactive compensate Q_c, din relaţia:

$$K_e = K_{e0} - 2\,AQ_c, \tag{19}$$

dedusă din (16) şi (18).

Se observă că echivalentul energetic devine nul în cazul compensării totale, cînd:

$$Q_c = \frac{K_{e0}}{2A} = \frac{\sum_{i=1}^{n} R_i' \cdot Q_{i0} \cdot \eta_i = \sum_{i=1}^{n} R_i' \eta_i^2 Q_0}{\sum_{i=1}^{n} R_i' \cdot \eta_i^2 \quad \sum_{i=1}^{n} R_i' \eta_i^2} = Q_0 \tag{20}$$

2. Definirea echivalentului energetic al puterii reactive în cazul cînd tensiunea V depinde de Q_c

În cel de-al treilea aspect tratat în [2] se încearcă a se defini echivalentul energetic K_e în cazul cînd tensiunea V depinde de Q_c, ceea ce corespunde de altfel realităţii. Tratarea principială a problemei este atacată corect conform relaţiei (9) din [2]. În exemplul considerat se comite însă o eroare care compromite tot calculul, şi anume în loc să se ţină cont de faptul că funcţia $V = f\ (Q_c)$ este o caracteristică a consumatorului ce trebuie cunoscută, se rezolvă problema fără a se face uz de ea. Cu toate acestea, calculul este condus pînă la sfîrşit şi se obţine un rezultat care este incorect.

Eroarea constă în faptul că se presupune că la două tensiuni diferite V_0 şi V la barele consumatorului, rezistenţa sa echivalentă rămînînd aceeaşi (r_0), puterea activă consumată rămîne şi ea aceeaşi (P_0), ceea ce, evident, nu se poate admite.

Într-adevăr, autorul caută să găsească o expresie care să dea legătura între tensiunea variabilă V şi puterea compensată Q_c, fără a ţine cont de caracteristica consumatorului. Această relaţie este (18) din [2].

În realitate, relaţia (10) din [2] trebuie scrisă corect:

$$p = \frac{V_0^2}{S_0^2} \cdot \frac{S^2}{V^2} p_0 = \frac{V_0^2}{S_0^2} \cdot \frac{\left[\frac{V^4}{V_0^4} P_0^2 + \left(\frac{V^2}{V_0^2} Q_0 - Q_c\right)^2\right]}{V^2} p_0 \tag{10'}$$

deoarece în ipoteza presupusă de autor, că la variaţia tensiunii V rezistenţa echivalentă r_0 şi reactanţa echivalentă X_0 ale consumatorului rămîn constante, puterile activă şi reactivă consumate în acestea nu mai pot rămîne P_0 şi Q_0, cum presupune autorul în relaţia (10), ci devin $\frac{V^2}{V_0^2} P_0$ şi $\frac{V^2}{V_0^2} Q_0$ cum reiese în relaţia (10′) dată mai sus.

De asemenea, relaţia (12) este greşită; ea trebuie scrisă corect:

$$V = \sqrt{Z} \sqrt[4]{\frac{V^4}{V_0^4} P_0^2 + \left(\frac{V^2}{V_0^2} Q_0 - Q_c\right)^2} \tag{12'}$$

din aceleaşi motive.

În fine, relaţia (17) este şi ea greşită; ea trebuie scrisă corect:

$$C = \frac{Q_c}{\omega V^2}, \tag{17'}$$

deoarece şi puterea reactivă produsă de bateria de condensatoare Q_c variază cu tensiunea.

Introducînd (17′) în (12′) obţinem succesiv:

$$V = \sqrt{Z} \sqrt[4]{\frac{V^4}{V_0^4} P_0^2 + \left(\frac{V^2}{V_0^2} Q_0 - \omega C V^2\right)^2} =$$

$$= \sqrt{Z} \frac{V}{V_0} \sqrt{P_0^2 + (Q_0 - \omega\, C V_0^2)^2}$$

Se vede că V se elimină din expresia de mai sus, care devine

$$\frac{V_0^2}{Z} = P_0^2 + (Q_0 - \omega C V_0^2)^2.$$

Aşadar, în locul căutatei relaţii între Q_c şi V, care evident nu se putea obţine pe această cale, ajungem la relaţia de mai sus, care nu furnizează decît informaţia cunoscută, că puterea aparentă $\frac{V_0^2}{Z}$, care s-ar consuma de ansamblul consumator plus condensator, cînd i se aplică tensiunea V_0 se compune dintr-o putere activă P_0 şi o putere reactivă $Q_0 - Q_{c0}$.

Tot calculul în continuare, adică relațiile (19) și (20), sînt deci și ele eronate și nu pot fi luate în considerație.

3. Observații finale

Deși cele două aspecte tratate mai sus sînt fără îndoială interesante, ar fi probabil mult mai important să se arate de către inginerii care au avut a aplica prevederile instrucțiunii 58—55 care au fost dificultățile de care s-au lovit în practică și care a fost valabilitatea și utilitatea rezultatelor obținute de ei. Asemenea observații personale ar fi de cel mai mare interes pentru aprecierea valorii practice a acestei instrucțiuni și ar putea furniza indicații prețioase în vederea unei eventuale revizuiri și adaptări a acesteia la condițiile actuale.

Bibliografie

[1] MEEIE: Instr. 58—55 pentru determinarea eficacității compensării puterii reactive.

[2] Vladimir N.: *Unele precizări relative la definirea echivalentului energetic al puterii reactive în cazul utilizării condensatoarelor statice*. Energetica 9 (1961) nr. 3 pag. 106—109.

DIN EXPLOATARE

Încercările efectuate la I. R. E. Oradea pentru aplicarea contoarelor volumetrice la măsurarea consumului de păcură

Ing. *IOSIF BALOG*

Măsurarea consumurilor de combustibil lichid constituie o problemă importantă pentru economia națională. În cazul lichidelor curate, această problemă se poate rezolva cu ajutorul unor tipuri de aparate de măsură cunoscute, cum sînt contoarele diferențiale, contoarele de viteză, rotametrele, contoarele volumetrice de diferite tipuri, etc.

Aparatele enumerate nu dau rezultate mulțumitoare la măsurarea consumurilor de păcură, din cauza viscozității foarte variabile ale acesteia și din cauza impurităților mecanice, ce se găsesc totdeauna în păcură. Viscozitatea păcurei variază nu numai cu temperatura acesteia, dar și la aceeași temperatură apar diferențe mari de viscozitate, la diferite loturi sosite.

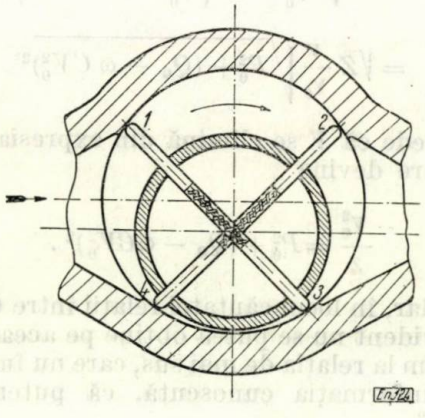


Fig. 1

În prezent, mai ales la întreprinderi mici, se recurge la stabilirea consumului zilnic, cu ajutorul unor rezervoare calibrate, ceea ce este o metodă greoaie și nu permite urmărirea permanentă a randamentului agregatelor.

La I.R.E. Oradea s-a ridicat încă din anul 1953 problema măsurării continue a consumului de păcură. Pentru a rezolva această problemă ca prima încercare, s-a confecționat un contor volumetric bazat pe principiul de funcționare al pompelor rotative cu palete și rotor excentric (fig. 1). Modul de funcționare al mecanismului se înțelege cu ajutorul schiței. Presiunea lichidului de măsurat acționează asupra paletelor. Din cauza așezării excentrice a rotorului, suprafața expusă la presiune diferă la cele două palete. Această diferență de suprafață creează un cuplu-motor. Sub efectul acestui cuplu, paleta *1* se va deplasa în direcția de scurgere a lichidului (sensul indicat de săgeată). Deplasarea paletei *1* determină o mișcare de rotație a întregului sistem mobil alcătuit din rotor și cele patru palete.

În urma paletei *1* se formează un spațiu care crește pe măsură ce se învîrtește rotorul. Spațiul între cele două palete, rotor și carcasă se umple cu lichidul de măsurat. După o rotație de 90° paleta *1* ocupă locul paletei *2*, și pentru un scurt timp volumul dintre paletele *1* și *4* va fi închis. Din acest moment, paleta *4* devine paletă activă și mișcarea de rotație continuă mai departe. Lichidul închis între paleta *1* și *4* intră în comunicație cu conducta de refulare, astfel că se evacuează din contor. Deschiderile de intrare și ieșire ale lichidului sînt așezate astfel, ca scurgerea liberă a lichidului dintr-o parte a contorului în partea cealaltă să fie exclusă. Astfel, fiecare rotație completă a sistemului mobil reprezintă un volum bine determinat de lichid. Prin numărarea rota-

ților rotorului, cu ajutorul unui contor, se determină volumul total de lichid trecut prin aparat.

O particularitate foarte importantă a mecanismului este faptul că rotorul nu atinge carcasa. Distanța minimă între rotor și carcasă

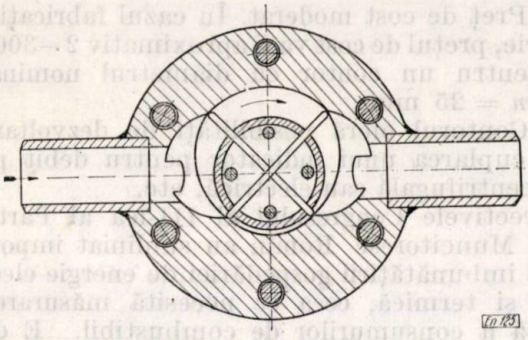


Fig. 2

este de 2 mm, astfel că impuritățile mecanice cu diametru sub 2 mm nu pot bloca contorul.

După o perioadă mai îndelungată de încercare a contorului, s-au remarcat unele defecte de proiectare și de execuție. Cele mai importante au fost următoarele :

1. Prezența arcurilor între palete determină o frecare destul de mare între suprafețele frontale ale paletelor și carcasă, ceea ce cauzează o pierdere de presiune importantă (0,2—0,5 kgf/cm²) în contor, provocînd o uzură rapidă a paletelor.

2. Ghidarea rotorului a fost realizată cu ajutorul unor lagăre de alunecare. Uzura lagărelor determină o deplasare laterală a întregului rotor.

3. În locul jocurilor de 0,05—0,1 mm prevăzute în proiect, la realizarea contorului s-au lăsat jocuri prea mari în unele locuri pînă la 0,4—0,5 mm. Prezența jocurilor prea mari a determinat apariția unor scurgeri nemăsurate. Chiar și cu aceste jocuri mari, contorul a funcționat cu o precizie de $\pm 1\%$ de la debitul de 700 l/ore în sus, iar debitul maxim a fost 7000 l/ore. Căderea de presiune la pornirea contorului a fost de 0,2—0,3 kgf/cm², iar la debitul maxim 1 kgf/cm².

4. Cu toate că contactul paletelor cu carcasa se asigură de niște arcuri elicoidale, totuși impuritățile mecanice ce au intrat în fantele rotorului au împiedicat glisarea normală a paletelor. În aceste cazuri, paleta respectivă nu a ieșit din rotor pînă la contactul cu carcasa, lăsînd o deschidere prin care lichidul de măsurat a trecut prin contor, fără a fi măsurat.

Pe baza experienței obținute cu concursul I.M.S. Înfrățirea Oradea, s-a proiectat și s-a executat prototipul unui contor nou, cu modificări importante față de tipul anterior. (fig. 2).

După cum se vede din schiță, s-a renunțat la utilizarea arcurilor, pentru asigurarea contactului între carcasă și palete. În locul acestor arcuri, s-a modificat profilul interior al carcasei. Profilul aplicat are o proprietate foarte importantă : deschiderea măsurată prin axul rotorului este o valoare constantă, independentă de unghiul făcut cu axul de simetrie al profilului. În loc de 4 palete s-au aplicat numai două palete rigide (fig. 3), ce se intersectează în interiorul rotorului. Fiind dată proprietatea de mai sus a profilului, nu mai e nevoie de resoarte : paletele se înscriu în carcasă în orice poziție unghiulară. Cu această soluție s-a exclus complet posibilitatea trecerii lichidului prin contor, fără rotirea mecanismului. Profilul interior al carcasei se compune din 4 părți principale, fiecare parte ocupă un unghi de 90°, măsurat din centrul de rotație al rotorului. Două părți opuse sînt arce de cerc avînd centrul în centrul de rotație al mecanismului, dar cu raze diferite R și r, iar celelalte două părți opuse sînt profile în spirala lui Archimede, cu racordări line la părțile în arc de cerc.

Profilul astfel construit are un avantaj foarte important :

Toleranțele strînse sînt necesare numai la prelucrarea părților în arc de cerc, deoarece numai aici trebuie să fie exclusă posibilitatea scurgerii lichidului între partea frontală a paletelor și carcasă. Părțile mai complicate (în spirală) se pot prelucra cu toleranțe mult mai largi, pînă la $+0{,}2 \ldots +0{,}3$ mm. Pe porțiunile în arc de cerc jocul frontal trebuie să fie 0,05—0,15 mm, pentru părțile în spirală se admit jocuri frontale, pînă la 0,4 — 0,6 mm, ceea ce simplifică mult confecționarea contorului.

La un debit de lichid constant mecanismul se rotește cu o viteză unghiulară constantă; astfel este posibilă dezvoltarea mecanismului și pentru indicarea debitului instantaneu de lichid, prin cuplarea unui tahometru la axul contorului.

În cursul anului 1960, s-a confecționat prototipul acestui tip nou de contor. Încercările și proba de durată au dat rezultate mulțumitoare în ceea ce privește precizia măsurătorilor și sensibilitatea mecanismului la impurități. S-a obținut o eroare de $\pm 0{,}5\%$ pentru debite între 800—5000 l/oră, cu toate că profilul interior s-a realizat prin pilire după trasaj, ceea ce nu a asigurat nici precizia, nici calitatea suprafeței interioare. În cazul fabricației în serie prelucrarea profilului interior

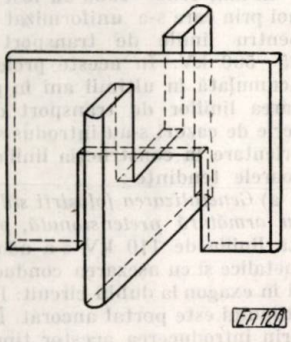


Fig. 3

se realizează foarte ușor cu ajutorul unui mecanism de copiere mecanică.

Contorul propus are o serie de avantaje :

1. Precizia contorului depinde numai de mărimea jocurilor între piese. Se poate realiza fără nici o greutate o precizie de măsurare cu erori sub $\pm$ 0,5% din cantitatea măsurată.

2. Zona de utilizare este foarte largă. De exemplu, un contor cu $Dn = 25$ mm se poate utiliza pentru măsurarea consumului de păcură între debite de 250 l/oră pînă la 5000 l/oră, deci pentru debite ce depășesc 5% din debitul maxim. Ca o comparație : contoarele diferențiale se pot utiliza numai pentru debite ce depășesc 30% din debitul maxim, dar precizia de măsurare nu depășește $\pm$ 2%.

3. Mecanismul interior al contorului este solicitat numai la diferența de presiune creată de el însuși (0,05—1 kgf/cm²). Același mecanism se poate utiliza pentru diferite presiuni în conductă, numai carcasa trebuie dimensionată pentru presiunea nominală.

4. Mecanismul are un gabarit redus. De exemplu : pentru un contor cu $Dn = 25$ mm și $Pn = 25$ kgf/cm² diametrul exterior este numai de 130 mm.

5. Preț de cost moderat. În cazul fabricației în serie, prețul de cost va fi aproximativ 2—3000 lei pentru un contor cu diametrul nominal de $Dn = 25$ mm.

6. Contorul oferă posibilități de dezvoltare prin cuplarea unui indicator pentru debit pe cale centrifugală sau electrică, etc.

Directivele Congresului al III-lea al Partidului Muncitoresc Romîn au subliniat importanța îmbunătățirii gospodăriei de energie electrică și termică, ceea ce necesită măsurarea exactă a consumurilor de combustibil. E de dorit ca tipul nou de contor volumetric realizat să poată aduce un aport la atingerea acestor scopuri.

ENERGETICA PESTE HOTARE

Tendințe și realizări noi în domeniul liniilor și stațiilor de înaltă tensiune în U.R.S.S.

Odată cu precizarea planurilor de perspectivă pentru dezvoltarea economiei naționale a U.R.S.S., a apărut necesitatea dezvoltării masive a rețelelor electrice de transport și distribuție. Astfel numai în perioada 1960—1965 și numai la tensiuni de 110—500 kV urmează a fi puse în funcțiune linii electrice în lungime de cca. 130.000 km și aproximativ 2.500 stații de transformare. Pentru realizarea acestui măreț program în ritmul stabilit, energeticienii sovietici preconizează introducerea unei serii de măsuri prin care să se amelioreze substanțial indicii tehnici și economici ai instalațiilor. În cele ce urmează se vor arăta pe scurt principalele concepții tehnice și realizări recente sovietice în domeniul liniilor și stațiilor electrice.

I. LINII ELECTRICE DE ÎNALTĂ TENSIUNE

În anii 1959—1960 au fost elaborate în U.R.S.S. proiecte noi prin care s-a uniformizat construcția de stîlpi și fundații pentru liniile de transport avînd tensiuni nominale de 35—500 kV. În aceste proiecte a fost folosită experiența acumulată în ultimii ani în proiectarea, execuția și exploatarea liniilor de transport de energie electrică, iar într-o serie de cazuri s-au introdus soluții constructive noi. Actuala orientare în construcția liniilor se caracterizează prin următoarele tendințe :

a) *Generalizarea folosirii stîlpilor din beton armat centrifugat cu armătură pretensionată, pentru liniile de 110—500 kVt.* La liniile de 110 kV s-a adoptat stîlpul simplu cu console metalice și cu așezarea conductorilor în triunghi la un circuit și în exagon la dublu circuit. Pentru liniile 220—500 kV, tipul stîlpului este portal ancorat. În conparație cu stîlpii metalici, prin introducerea acestor tipuri noi de stîlpi, s-a obținut o reducere de metal de 40—50%. La liniile de 220—500 kV se folosesc în paralel și stîlpii metalici tip portal ancorat, care au condus la o economie de metal de circa 18% în comparație cu construcțiile anterioare.

b) *Introducerea pe scară largă a unor tipuri noi de fundații din beton armat, prefabricate, la toate tensiunile.* Uniformizarea tipurilor de stîlpi și fundații a permis executarea construcțiilor în fabrici specializate, ceea ce a mărit considerabil productivitatea la aceste lucrări, a simplificat proiectarea și a micșorat astfel în ansamblu costul liniilor electrice.

Tot în scopul reducerii costului liniilor s-au întocmit studii asupra restului elementelor componente, rezultatul acestora concretizîndu-se în adoptarea de noi tipuri îmbunătățite și procedee perfecționate de montaj :

— Introducerea unor izolatori taler de tip nou, cu dimensiuni mai mici, ceea ce a contribuit la reducerea costului prin micșorarea gabaritelor stîlpilor.

— Introducerea clemelor cu tracțiune limitată, ceea ce a permis să se renunțe la limitarea distanței dintre stîlpii de întindere, să se evite în cazul ruperii căderea conductorului la pămînt pe întreg panoul de întindere și să se renunțe la folosirea stîlpilor de întindere la traversările peste alte linii electrice aeriene (telefonice sau de energie). Totodată, utilizarea clemelor cu tracțiune limitată a permis să fie micșorată greutatea stîlpilor de susținere.

— Introducerea procedeului de sudură aluminotermică a conductoarelor de oțel-aluminiu, ceea ce reduce timpul și cheltuielile de montaj, dar în același timp mărește siguranța în exploatare, datorită eliminării îmbinărilor cu șuruburi sau prin presare.

În prezent se execută studii și lucrări pregătitoare pentru introducerea la construcția stîlpilor a profilelor speciale, care oferă un modul de rezistență mai uniform pe diverse direcții, precum și a aliajelor de aluminiu, în special în cazul liniilor electrice construite în regiuni unde transportul și montajul pieselor grele este foarte anevoios.

Paralel cu unificarea tipurilor constructive de stîlpi și fundații și cu îmbunătățirea celorlalte elemente ale liniilor, în U.R.S.S. s-a pus accentul și pe industrializarea execuției liniilor electrice. Încă din 1955 s-a introdus metoda de execuție a liniilor electrice cu ajutorul coloanelor mecanizate care execută lucrările de construcție și montaj cu brigăzi specializate. În vederea ușurării muncii montorilor și creșterii productivității, coloanele sînt echipate cu utilaje cu capacitate

mare de producție (mecanisme de vibrare și plantare a piloților, macarale, excavatoare, foreze, turle de montaj, mașini pentru doborîtul arborilor etc.). Mecanismele necesare unei coloane totalizează circa 18 mii CP, iar capacitatea de încărcare a camioanelor unei coloane este de circa 200 tone. Producția medie anuală a unei astfel de coloane mecanizate este următoarea :

linii 110 kV — 500 km/an
linii 220 kV — 350 km/an
linii 500 kV — 200 km/an.

În practica construcției liniilor se utilizează în anumite cazuri și helicoptere, atît pentru transportul stîlpilor, fundațiilor și altor materiale, cît și pentru executarea unor lucrări de montaj, de exemplu ridicarea și chiar asamblarea stîlpilor.

Dintre lucrările mai importante executate în ultimii ani sau în curs de execuție, care situează U.R.S.S. pe primul loc în lume în domeniul liniilor electrice aeriene se citează :

— Linia de 500 kV UHE V. I. Lenin (Kuibîșev) — Ural, în lungime de 1050 km, realizată pentru interconectarea sistemelor din partea europeană a U.R.S.S. Linia a fost inițial proiectată pentru tensiunea de 400 kV și o primă porțiune a fost dată în exploatare la această tensiune în 1958. În 1959 s-a dat în exploatare și restul liniei, această parte fiind echipată pentru tensiunea de 500 kV. Întreaga linie a fost trecută recent la tensiunea de 500 kV fără nicio modificare, prin luarea unor măsuri speciale pentru reducerea supratensiunilor interne. Linia s-a realizat pe stîlpi metalici de tip portal, fiecare fază fiind formată din cîte 3 conductoare de 480 mm² oțel-aluminiu.

— Linia de 500 kV Stalingrad-Moscova, în lungime de circa 1000 km, formată din două circuite executate pe trasee diferite. Un circuit este realizat pe stîlpi portal de metal, iar celălalt pe stîlpi portal metalici ancorați. Fiecare fază a liniei este formată tot din cîte trei conductoare de 480 mm² oțel-aluminiu.

— Linia de 800 kV (± 400 kV față de pămînt) de curent continuu Stalingrad-Donbas. Această linie de 470 km lungime, care leagă hidrocentrala de la Stalingrad cu sistemul energetic din sud, realizează pentru prima dată în lume un transport de energie electrică în curent continuu la o tensiune atît de ridicată.

II. STAȚII DE TRANSFORMARE

1. *Aparatele de înaltă tensiune*

Îmbunătățirea calității aparatelor constituie una din principalele căi pentru simplificarea instalațiilor electrice. Mergînd pe această linie în U.R.S.S. au fost obținute în ultimul timp o serie de realizări remarcabile, dintre care se menționează :

— Seria întreagă a echipamentului pentru instalațiile de 500 kV.

— Noile tipuri de separatoare de exterior tip RLND de 110 și 35 kV, cu mișcarea cuțitelor în plan orizontal, care oferă avantaje evidente în special în ce privește dispozițiile constructive.

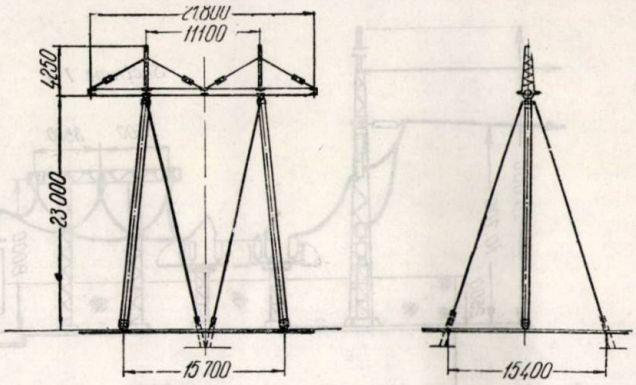
— Descărcătoarele cu rezistență variabilă cu suflaj magnetic (realizate deocamdată numai la 500 kV) care permit o importantă reducere a nivelului de izolație al instalațiilor respective.

— Transformatoarele de forță cu cuva tip clopot, construcție care conduce la simplificarea instalațiilor de decuvare.

2. *Simplificarea schemelor de conexiuni primare*

a) Întrucît întrerupătorul reprezintă aparatul cu probabilitatea de defectare cea mai mare și cu un cost relativ ridicat, se consideră că reducerea numărului de întrerupătoare — în special la tensiuni mai înalte — este avantajoasă atît pentru creșterea gradului de siguranță al instalațiilor cît și pentru ieftinirea lor. În această direcție se canalizează majoritatea acțiunilor pentru simplificarea schemelor de conexiuni primare.

Pentru deconectarea selectivă a porțiunii din rețeaua defectă rolul întrerupătorului este preluat de siguranțe fuzibile în cazul stațiilor de 35—110 kV de putere mică, sau de scurtcircuitare combinate cu separatoare de izolare în cazul stațiilor de 35—220 kV de putere mijlocie și mică. Limita de putere este determinată de capacitatea separatorului de izolare de a rupe curentul de mers în gol al transformatorului, care pentru separatoarele normale de exterior este destul de mare (experiențele făcute au permis să se



En 127

Fig. 1. Suport de susținere ancorat din beton armat precomprimat, pentru linii de 500 kV.

tragă concluzia că ele pot deconecta sigur la 110 kV transformatoare de 31,5 MVA).

Pe baza calculelor efectuate rezultă că prin folosirea sistemului scurtcircuitor-separator de izolare se realizează în U.R.S.S. economii de aproape 50% la stațiile 35—220 kV, datorită atît reducerii costului echipamentului de înaltă tensiune, cît și circuitelor secundare aferente și bateriei de acumulatoare.

b) În ceea ce privește cazurile în care se folosesc întrerupătoare, de o răspîndire din ce în ce mai mare se bucură schemele fără bare colectoare (bloc linie-transformator, scheme H, scheme poligonale) la stațiile de 330—400—500 kV, recomandîndu-se utilizarea lor pe scară largă și la 110 și 220 kV. Aceste scheme oferă un înalt grad de siguranță, prin aceea că toate modificările operative ale schemei se efectuează de către întrerupătoare, fără ca să posede însă vulnerabilitatea barelor colectoare la care pentru anumite defecte, deși cu probabilitate foarte redusă, întreaga instalație poate fi scoasă din funcțiune. În plus revizuirea oricărui întrerupător se poate în general efectua fără întreruperea alimentării.

Schemele clasice cu bare colectoare sînt folosite în cazul unui număr mai mare de circuite. Se preferă varianta cu un singur sistem de bare secționat ; în anumite situații, cînd continuitatea alimentării trebuie asigurată chiar și în cazul deconectării întrerupătorului pentru revizie sau reparație, sistemul de bare principal se completează și cu bară de transfer.

c) În ceea ce privește transformatoarele se merge în continuare pe linia limitării numărului lor în stații la 1—2 bucăți*, mărimea ulterioară a puterii stației efectuîndu-se prin schimbarea transformatoarelor cu altele de putere mai mare.

Montarea unui singur transformator în stație este considerată oportună numai dacă :

— se admite o întrerupere în alimentarea consumatorilor pe durata schimbării transformatorului ;

— se asigură transformatoare de rezervă transportabile precum și drumuri corespunzătoare pentru transportul lor ;

— există posibilitatea unei alimentări de rezervă, la tensiunea de distribuție a consumatorilor racordați, de la alte stații.

d) Pentru limitarea curenților de scurtcircuit pe partea de 6—10 kV se folosesc următoarele soluții :

— funcționarea separată a transformatoarelor pe barele de 6—10 kV ;

---

* În cazul folosirii a două transformatoare puterea fiecăruia trebuie să acopere 65—70% din sarcina maximă a stației.

— folosirea transformatoarelor cu înfăşurări duble la tensiunile de 6 şi 10 kV;

— folosirea bobinelor de reactanţă jumelate în circuitele transformatoarelor.

Numai în cazurile în care metodele indicate mai sus nu pot fi aplicate, se trece la nstalarea bobinelor de reactanţă

b) Reducerea construcţiilor pentru susţinerea conductoarelor în staţiile exterioare prin utilizarea conexiunilor directe între aparate.

c) Montarea releelor de protecţie la celulele de înaltă tensiune, în scopul reducerii dimensiunilor clădirilor şi a reţelelor de cabluri de control.

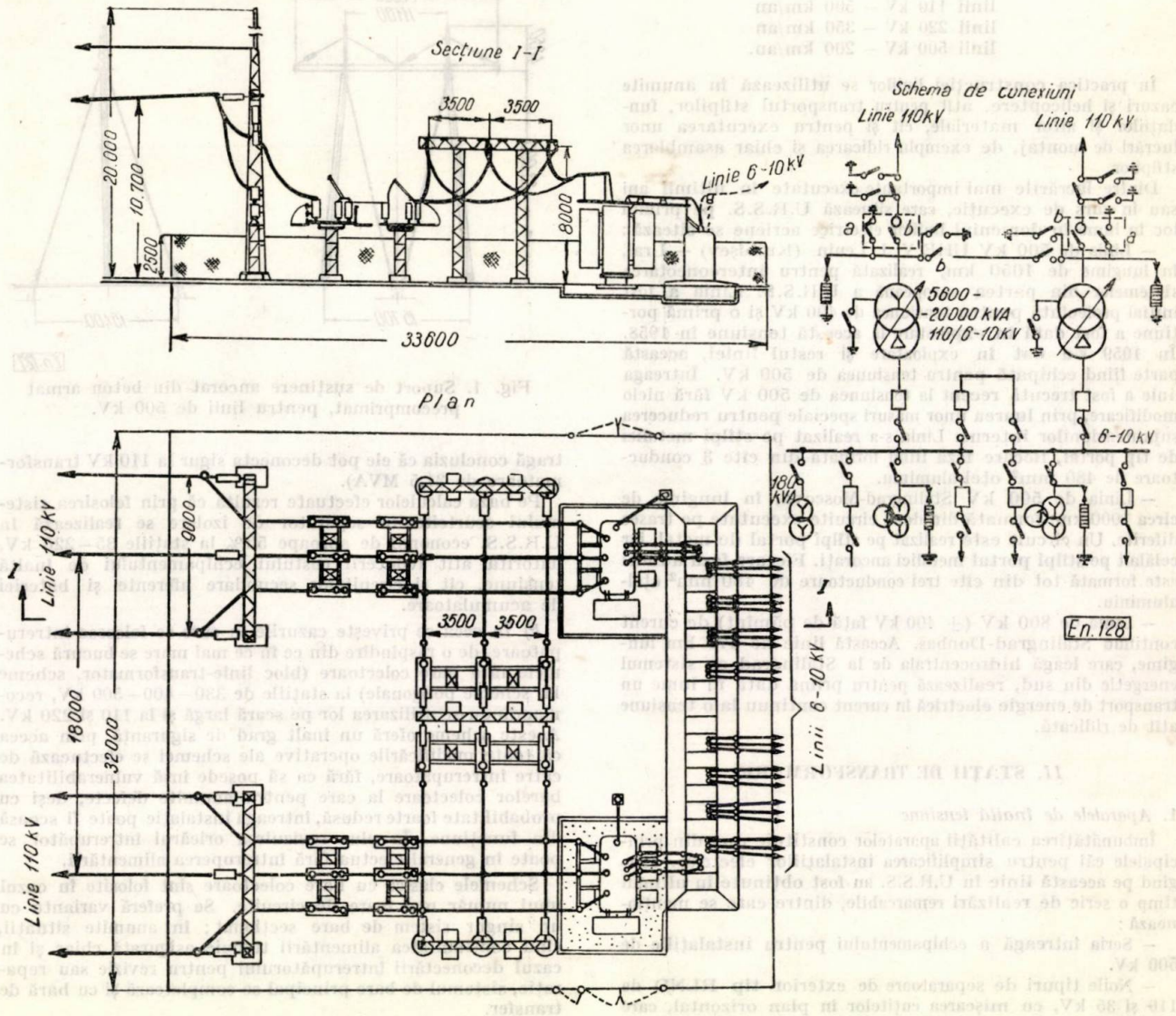


Fig. 2. Staţie exterioară de 110 kV cu separatoare de scurtcircuitare şi separatoare de izolare.
a) separator de scurtcircuitare; *b*) separator de izolare.

în circuitele liniilor, întrucît această soluţie conduce la investiţii mai ridicate, datorită în special creşterii gabaritelor construcţiei.

3. *Simplificarea elementelor constructive şi industrializarea construcţiei*

Pentru reducerea costului părţii de construcţie şi a termenelor de execuţie a staţiilor se merge pe următoarele căi:

a) Folosirea prefabricatelor pentru toate elementele componente ale staţiilor: cadre de beton armat centrifugat, pretensionat pentru susţinerea conductoarelor, suporţi de aparate din beton armat, canale de cabluri de control în staţiile exterioare, panouri, grinzi şi stîlpi din beton armat pentru clădiri, celule prefabricate de înaltă tensiune. Pentru aceste prefabricate se folosesc în general aceleaşi tipuri ca la suporţii liniilor de transport sau la clădirile centralelor electrice.

d) Utilizarea curentului operativ alternativ la staţiile de 110 kV şi chiar mai mult, atunci cînd nu există întrerupătoare pe partea de înaltă tensiune sau cînd este posibilă acţionarea întrerupătoarelor cu curent alternativ (eventual prin intermediul redresoarelor).

e) Înlocuirea portalurilor fixe pentru decuvarea transformatoarelor cu portaluri metalice transportabile. Acest lucru este recomandabil în special la construcţiile noi de transformatoare cu cuva tip clopot, la care sarcina necesară de ridicat a fost mult redusă.

4. *Simplificarea exploatării*

Ca urmare a introducerii unui volum important de automatizări la staţii şi pe baza experienţei de exploatare din ultimii ani, în condiţiile performanţelor actuale ale echipamentului s-a accentuat tendinţa de eliminare a personalului permanent de deservire.

În principiu se urmăreşte ca toate staţiile cu tensiunea 35—220 kV, independent de puterea lor, să se execute automatizate, fără personal permanent de exploatare, cu excepţia staţiilor de interconexiune de la care se realizează comanda altor staţii.

În funcţie de poziţia geografică şi electrică în reţea a staţiei, în prezent sînt folosite următoarele regimuri de exploatare :

a) *Staţii fără personal propriu*, deservite centralizat, soluţie recomandabilă în cazurile cînd se poate asigura sosirea personalului în maximum 30—60 minute.

b) *Staţii cu personal propriu*, care execută operaţiile de control, întreţinere şi reparaţii, soluţie recomandabilă staţiilor îndepărtate şi cu un volum mare de lucrări de exploatare. În această categorie există două posibilităţi :

— o primă variantă în care personalul propriu efectuează numai lucrări în program normal, iar cu schimbările de regim şi lichidările de avarii în afara orelor de program se ocupă o echipă de intervenţie centrală sau chiar personalul local chemat telefonic de către o staţie centrală ;

— o a doua variantă în care personalul propriu efectuează atît lucrările de exploatare în program normal (de zi) cît şi intervenţiile pentru schimbările de regim şi lichidări de avarii în restul timpului. În acest scop i se asigură locuinţa în apropierea staţiei, de la care primeşte telesemnalul la domiciliu, astfel că poate interveni în cel mult 10—15 minute.

*

În această scurtă expunere nu au putut fi scoase în evidenţă decît o mică parte din realizările remarcabile şi proiectele actuale ale energeticienilor sovietici.

Din cele arătate se poate însă trage concluzia că în prezent în construcţia liniilor şi staţiilor din U.R.S.S. se evidenţiază următoarele două tendinţe principale :

a) Simplificarea construcţiei şi exploatării reţelelor de transport şi distribuţie, datorită îmbunătăţirii calităţii echipamentului şi creşterii experienţei de exploatare, ceea ce conduce la reducerea apreciabilă a investiţiilor şi la îmbunătăţirea condiţiilor de alimentare cu energie electrică, cerute de gradul actual de dezvoltare a reţelelor şi consumatorilor.

b) Industrializarea construcţiilor pe baza uniformizării soluţiilor şi folosirii prefabricatelor, în special în scopul reducerii timpului de execuţie.

Ing. Emil Constantinescu

Indici tehnico-economici ai termoficării oraşului Moscova*

După cel de al doilea război mondial, în oraşul Moscova s-a trecut la un program de construire masivă de locuinţe şi edificii publice.

Pentru asigurarea încălzirii şi a necesităţilor de apă caldă în scopuri menajere şi sanitare a noilor construcţii şi a fondului existent de clădiri, s-a aplicat pe scară largă termoficarea, care permite ca în cadrul unor indici economici favorabili, să se ducă şi o politică raţională în ceea ce priveşte utilizarea combustibilului.

STADIUL ACTUAL AL TERMOFICĂRII ŞI REZULTATE DE EXPLOATARE

În perioada 1945—1958 s-au construit în Moscova centrale de termoficare noi, s-au modernizat centralele existente şi s-a extins considerabil reţeaua de termoficare, permiţînd prin aceasta racordarea unui mare număr de consumatori de căldură (tabela 1).

Tabela 1

Specificaţie	Unitate	1945	1958
Număr de centrale de termoficare	—	5	8
Putere instalată în centralele de termoficare	MW	155	680
Cantitatea de căldură livrată anual de CET	mil. Gcal/an	1,6	9,3
Lungimea reţelelor termice	km.	90	500
Număr de clădiri termoficate	—	500	6 800
Cota din consumul de căldură la $t_{ext} = -26°C$ prelucrat prin termoficare			
fond urban	%	10	40
industrie	%	—	32

Cu toate că în ultimii ani, a avut loc o creştere importantă a capacităţilor termice ale centralelor de termoficare (tabela 2) s-au înregistrat totuşi unele dificultăţi în exploatarea lor, în special datorită capacităţii insuficiente de transport a reţelei termice. Aceasta a avut drept consecinţă supraîncărcarea unor centrale şi utilizarea insuficientă a altora. Pentru remedierea acestor deficienţe se construieşte în prezent reţele magistrale de legătură între reţelele centralelor, asigurîndu-se prin aceasta o mai bună repartizare a sarcinii termice pe centrale.

Tabela 2

Specificaţie	Unitate	1958	1959
Capacitate termică a CET :			
apă caldă	Gcal/h	2 160	2 380
abur	,,	410	400
Sarcina termică a consumatorilor racordaţi inclusiv pierderile în reţele :			
apă caldă	,,	2 080	2 550
abur	,,	430	460

În oraşul Moscova funcţionează nouă centrale de termoficare, din care opt debitează în sistemul energetic al Moscovei—Mosenergo (datele de faţă se referă numai la centralele Mosenergo). În centralele Mosenergo sînt instalate 33 grupuri turbogeneratoare de termoficare, dintre care 20% (după putere) sînt grupuri cu contrapresiune.

Centralele Mosenergo au produs în anul 1958 cca $3{,}4 \cdot 10^9$ kWh şi au livrat cca. $8{,}7 \cdot 10^6$ Gcal. Preţul mediu de cost al energiei electrice livrate a fost de 7,9 copeici/kWh *, iar preţul mediu de cost al căldurii livrate a fost 29,8 ruble/Gcal.

Personalul de exploatare a centralelor Mosenergo a fost în 1958 de 3 300 oameni, ceea ce revine la 2 om/MW şi 0,8 om/Gcal·h^{-1}, în cazul cînd repartizarea personalului se face proporţional cu consumul de combustibil pentru producerea energiei electrice şi căldurii.

În tabela 3 sînt date unele elemente caracteristice ale funcţionării centralelor Mosenergo.

* După N. K. Gromov şi A. P. Nemov. Teploenerghetica 8/1960, pag. 9—15.

* Toate preţurile sînt date la cursul rublei înainte de 1.I. 1961.

Tabela 3

Nr. CET	Durata de utilizare a puterii instalate h/an	Producția de energie electrică: cu grupuri de înaltă presiune %	Producția de energie electrică: în termoficare %	Producția de energie electrică: în termoficare kWh/Gcal	Consum specific de combustibil convențional pentru energia electrică: produsă kg/kWh	Consum specific de combustibil convențional pentru energia electrică: livrată kg/kWh	α^{**}_{termof} real la 1.I.1959	Durată de utilizare: a capacității prizelor h/an	Durată de utilizare: a capacității termice instalate a CET: apă caldă h/an	Durată de utilizare: a capacității termice instalate a CET: abur h/an	Consum specific de combustibil convențional pentru căldură: brut kg/Gcal	Consum specific de combustibil convențional pentru căldură: net kg/Gcal	Utilizarea capacității termice a CET pentru $t_{ext} = -26°C$ la 1.I.1959 %	Căldură livrată prin reductor %
1	3 070	31,9	69,7	208	0,208	0,304	0,70	3 550	2 200	4 850	161,4	170,6	81	7,5
7	6 950	—	98,0	120	0,175	0,181	0,69	6 300	3 680	7 650	162,0	164,4	Suprasarcină	13,9
8	6 300	100	100	130	0,170	0,174	0,73	6 600	2 120	7 820	168,4	171,5	,,	3,7
9	5 430	100	54,7	209	0,310	0,329	0,52	3 650	4 050	7 200	164,8	171,6	,,	37,9
11	5 100	60,7	46,7	214	0,354	0,376	0,60	4 400	2 660	6 750	169,1	179,5	99	10,6
12	5 770	52,7	53,6	175	0,298	0,316	0,53	5 550	3 520	6 500	163,1	172,3	Suprasarcină	18,5
16	5 700	100	44,1	317	0,297	0,316	0,85	3 300	1 770	—	161,5	172,9	71	8,0
20	6 300	100	62,7	294	0,277	0,292	0,68	5 350	2 700	—	162,4	173,7	Suprasarcină	12,6
Total	5 230	76	56,5	209	0,301	0,319	0,65	4 700	2 680	7 150	163,2	174,0	—	14,0

* Întreaga cantitate de căldură livrată de la colectorii CET.

** $\alpha_{termof} = \frac{Q_{pr}}{Q_t}$; Q_{pr} = cantitatea de căldură livrată prin prize; Q_t = sarcina termică medie orară zilnică a consumatorilor, inclusiv pierderile termice pentru $t_{ext} = -26°C$.

Rețeaua de termoficare a Moscovei constă dintr-o rețea de apă caldă și una de abur. Rețeaua de termoficare cu apă caldă este cea mai dezvoltată și reprezintă cca 94% din lungimea totală a rețelei de termoficare a orașului (tabela 4).

Prețul mediu de cost al transportului căldurii în anul 1958 a fost de 3,5 ruble/Gcal și rezultă din următoarele cheltuieli:

— personal de exploatare și întreținere	0,65	ruble/Gcal
— amortizări	1,00	,,
— completarea pierderilor de apă	0,14	,,
— vehicularea apei	0,48	,,
— pierderi de căldură în rețea	1,23	,,

Personalul de exploatare al rețelei termice a fost de 385 oameni, ceea ce revine la cca 0,9 om/km, rețea sau 0,14 om/Gcal·h^{-1} racordat.

ECONOMICITATEA TERMOFICĂRII

Pe baza indicilor tehnico-economici realizați în sistemul de termoficare al Moscovei în anul 1958, autorii examinează rentabilitatea termoficării în comparație cu situația în care încălzirea s-ar fi făcut din centrale termice, iar energia electrică s-ar fi produs în centralele electrice cu condensație ale sistemului energetic.

Din calculele efectuate a rezultat că prin termoficare se realizează o economie anuală de cca 1 158 000 tone combustibil convențional și o reducere a personalului de exploatare de cca 12 600 oameni ca urmare a producerii combinate și centralizate a căldurii și energiei electrice. Acestea au drept consecințe economii de cheltuieli anuale la producerea căldurii de cca 230.10^6 ruble (din care 100.10^6 ruble prin economia de combustibil și 95.10^6 ruble prin salarii) și de 80.10^6 ruble (din

Tabela 4

Nr. CET	Lungimea rețelelor aferente centralelor la 1.I.1959: apă caldă km	Lungimea rețelelor aferente centralelor la 1.I.1959: abur km	Raza de acțiune (măsurată pe traseu): apă caldă km	Raza de acțiune (măsurată pe traseu): abur km	Pierderi termice în anul 1958: apă caldă: %	Pierderi termice în anul 1958: apă caldă: 10^3Gcal/km	Pierderi termice în anul 1958: abur: %	Pierderi termice în anul 1958: abur: 10^3Gcal/km	Consum de energie electrică pentru circulația apei kWh/Gcal	Pierderi: apă caldă: l/m³	Pierderi: apă caldă: l/Gcal	Pierderi: condens %	Sarcina termică specifică a rețelei: apă caldă: la $t_{ext} = -26°C$ Gcal/km·h	Sarcina termică specifică a rețelei: apă caldă: în anul 1958 Gcal/km	Sarcina termică specifică a rețelei: abur: la $t_{ext} = -26°C$ Gcal/km·h	Sarcina termică specifică a rețelei: abur: în anul 1958 Gcal/km	Caracteristica materială specifică a rețelei: apă caldă m²·h/Gcal	Caracteristica materială specifică a rețelei: abur m²·h/Gcal
1	71,7	0,9	4,1	0,8	5,88	0,940	2,36	0,80	14,4	1,3	45,7	25,0	5,0	14 500	13,5	65 000	90	30
7	14,4	2,6	2,3	1,3	5,46	0,635	1,18	2,00	5,2	1,6	37,4	51,0	3,1	11 500	22,0	147 000	100	15
8	3,2	5,9	1,6	1,1	2,66	3,370	2,88	3,82	11,5	1,4	81,0	50,0	4,5	10 000	20,5	133 000	120	15
9	33,3	8,9	4,8	3,2	5,12	0,783	4,76	2,69	11,3	1,4	48,3	56,5	4,4	14 600	7,5	48 500	90	50
11	72,9	8,1	7,4	1,7	5,66	0,947	6,00	4,05	10,3	1,6	165,5	55,0	5,5	16 100	11,5	67 000	90	35
12	137,7	4,9	5,6	2,1	6,40	0,720	2,24	3,03	13,3	1,5	52,0	63,5	3,4	10 600	22,5	133 000	100	20
16	42,3	—	6,5	—	4,36	0,760	—	—	12,9	1,2	43,0	—	5,4	15 100	—	—	100	—
20	88,8	—	8,3	—	6,57	1,090	—	—	16,1	1,4	58,0	—	5,1	15 200	—	—	120	—
Total	465,1	31,3	—	—	5,86	0,850	3,35	3,20	13,2	1,4	71,6	54,5	4,6	13 700	14,5	91 500	100	25

Considerînd cheltuielile pentru vehicularea apei și pentru completarea pierderilor de apă incluse în cheltuielile pentru producerea energiei electrice la CET, rezultă un preț mediu de cost al căldurii livrate în anul 1958, de 33,5 ruble/Gcal.

care 70.10^6 ruble prin economii de combustibil și 6.10^6 ruble salarii) la producerea energiei electrice.

În cazul cînd nu s-ar fi aplicat termoficarea ar fi fost necesar să se construiască în sistemul energetic centrale electrice cu condensație de o putere electrică echivalentă cu cea a centralelor de termoficare din Moscova, linii electrice pentru transportul acestei puteri, precum și centrale termice în oraș.

Pentru realizarea acestor obiective ar fi fost necesare următoarele investiții: 890.10^6 ruble pentru centralele electrice, 204.10^6 ruble pentru linii electrice și 335.10^6 ruble pentru centrale termice (capacitate totală 1 500 Gcal/h).

De asemenea ar fi fost necesar să se investească 230.10^6 ruble pentru instalațiile de extracție a combustibilului suplimentar care se consumă în plus în acest caz, față de centralele de termoficare.

Investițiile totale care ar fi fost necesare sînt $1\,659.10^6$ ruble.

Valoarea mijloacelor de bază a centralelor de termoficare din Moscova, la 1 ianuarie 1959, reprezenta $1\,316.10^6$ ruble, iar a rețelelor termice și magistralelor 354.10^6 ruble; în total $1\,680.10^6$ ruble.

Din compararea acestor valori rezultă că termoficarea Moscovei s-a putut face fără ca să fie necesare investiții suplimentare față de cazul în care alimentarea cu căldură și energie electrică s-ar fi făcut din surse separate, aducînd în același timp economii de cheltuieli anuale de cca 310.10^6 ruble.

PERSPECTIVE

Pentru perioada 1959—1960 este prevăzută construirea centralelor termoelectrice raionale echipate cu grupuri turbogeneratoare de puteri unitare mari 100—300 MW la 130 ata, ceea ce va permite reducerea consumului specific de combustibil la 0,350—0,360 kgce/kWh iar luînd în considerare și pierderile în liniile electrice, la 0,365—0,375 kgce/kWh. Pentru a se menține diferența de consum specific între centralele de termoficare și cele de condensație raionale la 0,160 kgce/kWh cît este în prezent, va fi necesar ca centralele de termoficare să producă energie electrică cu un consum specific de 0,205—0,215 kgce/kWh.

Aceasta se poate realiza prin introducerea grupurilor turbogeneratoare de puteri unitare mari 50—100 MW la 130 ata, reducerea coeficientului de termoficare α_{CET} la 0,5—0,55, creșterea duratei de utilizare a sarcinii termice la 3 200—3 250 h/an.

Este necesară de asemenea reducerea investițiilor capitale la construirea CET și a magistralelor. După cum rezultă din proiectele întocmite, extinderea unor centrale de termoficare existente din Moscova cu grupuri VT-100 și cazane VTI de 100—180 Gcal/h se poate realiza cu o investiție specifică de 1 000—1 100 ruble/kW instalat, iar prin utilizarea conductelor de 700—1000 mm diametru se pot reduce investițiile în construcția magistralelor termice la 80 000 — 100 000 ruble/Gcal h^{-1} racordate.

Ing. **N. Terdiman**

RECENZII

Manualul inginerului electrician. Lucrare de sinteză, științifică și tehnică, asupra aplicațiilor electricității, în opt volume. Editura Tehnică, București (1953—1960).

Printre lucrările apărute în perioada aplicării primului nostru plan de electrificare a țării, de la a cărui lansare s-au sărbătorit de curînd zece ani, — lucrări cu caracter tehnico-științific și totodată didactic, cerute pentru ridicarea nivelului tehnic al noilor cadre destinate electrificării —, trebuie menționat în mod special „Manualul inginerului electrician".

Electrificarea țării, bază a dezvoltării industriei socialiste, cerea din primul moment un material documentar, în special sub formă de cărți tehnice, în scopul umplerii golului care exista în acest domeniu în țara noastră și pentru a veni în ajutorul atît al proiectanților și constructorilor de echipamente și instalații electrice, cît și în ajutorul exploatanților de instalații energetice. De asemenea, se cereau cu o deosebită urgență manualele tehnice care să completeze cursurile predate în școlile tehnice de diferite nivele.

În acest sens, ASIT a luat încă din anul 1951 inițiativa elaborării „Manualului inginerului electrician", formînd un colectiv care a cuprins cu timpul aproape 100 de autori pentru manualul citat, din rîndurile specialiștilor celor mai calificați: academicieni, cadre didactice din învățămîntul superior, cercetători științifici, ingineri specialiști din producție. Astfel, s-a putut realiza apariția primului volum în anul 1953, continuîndu-se apoi cu încă șapte volume, cu un conținut total de peste 6 000 de pagini, ultimul apărînd la începutul anului 1960. Spre deosebire de alte manuale de specialitate, elaborate pentru alte ramuri ale tehnicii, „Manualul inginerului electrician" nu are un caracter de îndrumar sau de memorator, ci cuprinde pe scurt, atît cunoștințe teoretice, cît și descrieri și formule uzuale, privind aplicațiile practice, — folositoare atît lucrătorilor din producție, cît și studenților din specialitățile electrotehnică și energetică.

Primele patru volume ale lucrării cuprind atît o sinteză asupra legilor teoretice ale electricității și electrotehnicii, în directă legătură cu aplicațiile practice, cît și material documentar relativ la construcția echipamentelor electrice pentru curenți tari, în timp ce în celelalte patru volume s-au tratat în deosebi aplicațiile practice ale energiei electrice, cu descrieri și date practice privind materialele electrotehnice și instalațiile de utilizare.

Prin munca în colectiv a specialiștilor care au colaborat la „Manualul inginerului electrician", s-a realizat o deosebită contribuție la îmbogățirea literaturii noastre tehnice, bazată atît pe literatura tehnică mondială cea mai recentă, și îndeosebi pe cea sovietică, cît și pe experiența personală a autorilor.

În ceea ce privește compunerea și calitățile manualului trebuie menționate următoarele:

Volumul I cuprinde capitolele: *„Bazele teoretice ale electrotehnicii"* și *„Măsurători electrice"*. Primul a fost elaborat de regretatul acad. prof. *C. Budeanu* și sintetizează expunerea legilor fenomenelor și relațiilor cu aplicații în practică, interesînd pe inginerul electrician și prin tratarea atît a fenomenelor în regim staționar, cît și a celor tranzitorii și corespunzînd regimurilor nesimetrice. Toate acestea s-au tratat utilizînd cele mai noi mijloace matematice: calculul matricial și operațional, componentele simetrice etc. și prezintă un material nou, față de alte lucrări de același gen, bazat pe bogata experiență didactică a autorului.

La redactarea capitolului privind bazele teoretice au colaborat, îndeosebi, o serie de specialiști din învățămînt: tov. prof. *I. S. Antoniu*, prof. *I. Constantinescu*, prof. *Ed. Nicolau*, lector *C. Mocanu*.

Capitolul *„Măsurători electrice"* este datorit îndeosebi tov. prof. *Al. Popescu*, cu colaborarea tov. conf. *Cristina Popescu*, și prezintă pe scurt, cu o deosebită claritate, problemele esențiale ale măsurătorilor mărimilor electrice.

Volumul II este consacrat *„Mașinilor electrice"*, pe care le tratează sub toate aspectele teoretice și practice, baze teoretice ale funcționării, proiectare și construcție, încercări, și a fost elaborat sub conducerea tov. acad. prof. *I. S. Gheorghiu*, printre colaboratori fiind tov. ing. *V. Bunea* și *H. Aslan*, prof. dr. *Gh. Petrescu*, conf. ing. *C. Lazu*, ing. *M. Popa* și *D. Soare*.

Și în acest volum, expunerea teoriei mașinilor electrice se bazează pe cele mai noi metode din domeniul electrotehnicii. De asemenea, în volumul II sînt tratate și mașini speciale, care nu au fost de regulă cuprinse în trecut în tratate de mașini electrice, dîndu-se totodată atenția cuvenită caracteristicilor mașinilor electrice fabricate la noi în țară.

Volumul III tratează problema *producerii curentului continuu și a surselor corespunzătoare* (pile, baterii de acumula-

toare, mutatoare), *simultan cu expunerea redresării curentului alternativ*. La acest volum au colaborat, îndeosebi, tov. prof. *Fl. Ciorăscu*, ing. *L. Fihman* și ing. *Chr. Vazaca*.

Un gol resimțit în literatura noastră tehnică îl umple volumul IV, care se ocupă, pe de o parte de *elementele de circuit* și, pe de altă parte, de *toate categoriile de aparate utilizate în tehnică în ramura curenților tari*, comportînd o mare varietate de construcții în continuă evoluție și perfecționare. Acest volum s-a întocmit avînd ca redactor pe tov. dr. ing. *Aurel Avramescu* și au colaborat, totodată, la diferitele lui capitole :

— la *elemente de circuite*, în afară de redactor, tov. prof. dr. *Gh. Petrescu* și ing. *Paul Cartianu*, *Jg. Greif* și *Vlad Rădulescu* ;

— la *aparate de pornire și reglaj pentru mașini rotative*, tov. ing. *A. Pîrlea* ;

— la *aparate de conectare*, tov. dr. ing. *A. Avramescu*, prof. ing. *C. Steinberg*, lector ing. *Gh. Cosmin*, ing. *A. Popa* și *B. Stoleru* ;

— la *aparate de protecție*, tov. prof. ing. *C. Penescu* și dr. ing. *A. Avramescu* ;

— la *elementele electrice ale instalațiilor automate și telemecanice*, tov. ing. *I. Papadache*.

În cadrul acestui capitol s-au descris tipurile de aparate cele mai uzitate în practică, cu indicații atît pentru proiectanții și constructorii de aparate electrice, cît și funcționarea lor, necesare în exploatările de instalații electro-energetice.

Volumul V al manualului este cunoscut *celor trei categorii generale ale utilizărilor energiei electrice, în iluminat electric, electro-căldură și acționări electrice*, ultimele două categorii fiind totodată detaliate în volumele următoare, din punct de vedere al fiecărei categorii de aplicații industriale în parte.

Acest volum conține un material documentar bogat și astfel clasat încît să fie de folos în special lucrătorilor din producție. În cadrul său se remarcă, mai ales, capitolul asupra *sudării electrice*, datorit tov. acad. prof. dr. *C. Mikloși*, capitol care, pe lîngă indicații teoretice, conține și o documentație asupra realizărilor în practică ale acestei aplicații, bazată pe îndelungata experiență în materie a autorului.

La celelalte capitole ale volumului V au colaborat tov. prof. *R. Grigorovici* și ing. *I. Papadache* și *Al. Razu*.

În volumul VI s-au tratat *aplicațiile energiei electrice în toate categoriile de transporturi*, existînd în cuprinsul acestuia atît capitole asupra tracțiunii electrice propriu-zise (pe căi ferate interurbane, tramvaie, troleibuse), cît și asupra instalațiilor electrice pe diferite categorii de vehicule (rutiere, trenuri, avioane, nave).

În cadrul acestui volum s-a dat o atenție deosebită tracțiunii Diesel-electrice, care s-a tratat într-un capitol separat, cu indicații prețioase pentru proiectanți, în vederea construirii de locomotive Diesel-electrice la noi în țară.

Au colaborat la acest volum tov. prof. dr. *Gh. Petrescu*, conf. ing. *N. Condacse*, ing. *C. Diniță* și *D. Zamfirescu*.

Volumul VII a fost consacrat, pe de o parte, *materialelor întrebuințate în industria electronică*, iar pe de altă parte *instalațiilor electrice pentru utilizarea energiei la consumatori*. Prima parte, tratînd *problema materialelor electrotehnice*, a fost elaborată de tov. prof. *I. G. Lăzărescu* și se distinge prin faptul că fenomenele macroscopice intervenind în caracterizarea materialelor citate se tratează la nivelul microscopic atomic, cu utilizarea mijloacelor de investigație ale fizicii moderne.

În a doua parte sînt descrise *atît instalațiile de înaltă tensiune cît și cele de joasă tensiune*, cu indicații suficiente pentru proiectarea lor, tratîndu-se astfel din punct de vedere unitar problema instalațiilor de utilizare la consumatori. În a doua parte a volumului au colaborat îndeosebi tov. ing. *Cedighian*, *V. Georgescu*, *Tr. Ionescu* și *D. Voinea*.

Atît în prima parte, cît și în cea de-a doua a volumului V s-au utilizat metode de expunere cu totul noi, cu mențiunea că, de regulă, în trecut, instalațiile de înaltă tensiune s-au tratat cu totul separat de cele la tensiune joasă, de utilizare.

Volumul VIII detaliază *problemele aferente utilizării energiei electrice în principalele ramuri ale industriilor : siderurgică, construcții de mașini, minieră, chimică, petrol și gaze, frigotehnică, textilă, materiale de construcții, lemn și celuloză, alimentară*.

Pentru fiecare dintre aceste industrii se tratează soluțiile optime în fiecare din cele trei categorii generale de utilizări în parte : iluminat electric, electrotermice, acționări electrice — și aceasta pe baza descrierii proceselor tehnologice și utilajelor folosite, cu indicarea caracteristicilor acestora și în special a parametrilor lor energetici.

Prin faptul că în volumul VIII se dezvoltă și se localizează, la cazuri concrete, procesele de aplicație și echipamentele corespunzătoare, descrise în volumele precedente, cu o atenție deosebită dată proceselor de automatizări, acest volum capătă o valoare deosebită în cadrul ciclului de opt volume ce compun „Manualul inginerului electrician". Dintre numeroșii colaboratori la acest volum trebuie citați, în special, tov. prof. ing. *C. Steinberg* și dr. ing. *Gh. Petrescu*, ing. *A. Bratu*, ing. *I. Buch*, ing. *P. Negreanu*, ing. *I. Papapadache*, ing. *M. Popa*, ing. *S. Pancu*, ing. *O. Smighelschi*, ing. *O. Stavrescu*, ing. *Valeria Tudoroiu*, ing. *R. Vlădoianu*, ing. *L. Wechsler*.

În fine, în încheierea analizei asupra lucrării, trebuie menționată munca stăruitoare și ordonată a coordonatorilor manualului, tov. ing. *P. Bunescu* și *P. Cartianu*, datorită căreia au fost învinse numeroasele dificultăți intervenite și a fost posibilă editarea unei lucrări tehnice de o ampioare neuzitată la noi.

Faptul că „Manualul inginerului electrician" a corespuns unor necesități reale ale dezvoltării tehnicii electroenergetice la noi în țară este ilustrat de epuizarea rapidă a majorității volumelor în scurt timp după tipărirea lor, deși tirajul lor a fost neobișnuit pentru o lucrare tehnică de specialitate. Prin aceasta se justifică o eventuală reeditare a manualului care trebuie să aibă în vedere completarea lipsurilor primei ediții, precum și introducerea ultimelor noutăți ale tehnicii, care a evoluat în mod rapid în ultimii zece ani. Astfel, se va putea pune la dispoziția noilor cadre de specialitate, cerute de importantele sarcini trasate pentru viitorul apropiat prin Directivele celui de-al III-lea Congres al P.M.R., un material prețios în sprijinul muncii susținute, pe care vor trebui să o depună pentru desăvîrșirea electrificării patriei noastre.

Ing. **V. R.**

L. DOBRESCU : Tehnica reactoarelor nucleare. București, 1960, Editura Academiei Republicii Populare Romîne, 548 pag., 328 fig., 169 tabele, 2 anexe.

Rezultatele tehnico-economice obținute pînă în prezent dau posibilitatea să se întrevadă că energia nucleară va putea să intervină în viitor pentru echilibrarea balanței energetice a țării noastre, pe măsură ce resursele clasice de energie nu vor mai putea satisface creșterea viitoare a consumului. Etapa în care energia nucleară va putea să participe cu o pondere importantă în balanța energetică a țării, este condiționată în special de îmbunătățirea indicilor tehnico-economici actuali ai centralelor care utilizează această energie.

Introducerea energiei nucleare necesită însă o perioadă îndelungată de formare a personalului tehnico-inginerese de proiectare, construcție și exploatare, atît pentru centralele nuclearo-electrice, cît și pentru industriile anexe. Pe această direcție se încadrează și lucrarea „Tehnica Reactoarelor Nucleare" apărută la sfîrșitul anului 1960.

Lucrarea tratează proprietățile fizice, mecanice, chimice și nucleare cerute materialelor ce se utilizează în tehnica reactoarelor nucleare și dă o extindere mare descrierii proceselor tehnologice legate de extracție, purificarea și prelucrarea diverselor materiale. Pentru înțelegerea problemelor legate de alegerea și prepararea materialelor ca și a caracteristicilor pe care acestea trebuie să le posede ca să corespundă condițiilor speciale din reactoarele nucleare, se prezintă și noțiunile de bază necesare urmării procesului de fisiune și fusiune și a funcționării reactoarelor.

Lucrarea este valoroasă, reușind să sintetizeze și să prezinte într-un mod unitar cunoștințele în direcția tehnologiei de extracție, purificare și prelucrare a materialelor folosite în reactoarele nucleare, precum și calitatea cerută acestor materiale. În acest scop, autorul a cercetat și a studiat mai mult de 1 000 publicații și articole, din care 334 sînt menționate în bibliografie.

Cartea, așa cum arată și autorul, are ca scop principal să informeze pe cititori asupra realizărilor obținute în diversele

ramuri ale tehnologiei preparării materialelor pentru reactoarele nucleare şi nu ca să dea formula de proiectare, sau de preparare. Un număr foarte mare de scheme, diagrame şi tabele dau posibilitatea ca să se înţeleagă procesele tehnologice prezentate.

Lucrarea cuprinde două părţi mari. Prima parte, care acoperă circa 30% din volumul cărţii, tratează pe scurt problemele teoretice legate de obţinerea energiei nucleare şi scoate în evidenţă proprietăţile cerute materialelor utilizate în reactoarele nucleare. În partea a doua, care acoperă restul de 70% din volum, se prezintă procedeele de extracţie, purificare şi prelucrare a materialelor nucleare.

În *prima parte*, în care se tratează problemele teoretice legate de funcţionarea reactoarelor şi calităţile materialelor folosite, se insistă în special asupra caracteristicilor fizico-chimice pe care trebuie să le îndeplinească materialele folosite în reactoare şi se trec în revistă elementele de bază ale funcţionării reactoarelor.

În această parte, după o sumară introducere se tratează pe scurt teoria structurii atomului şi a nucleului. Pornind de la particulele elementare clasice, se trece la structura atomului şi a nucleului atomic, insistîndu-se ceva mai mult asupra caracteristicilor şi stabilităţii nucleului şi asupra energiei de legătură dintre nucleoni.

Problema obţinerii energiei nucleare se tratează mai pe larg, începînd cu radioactivitatea naturală şi ajungînd la degajarea energiei nucleare prin fisiune şi fusiune. În cadrul fenomenului de fisiune din reactorul nuclear se tratează reacţiile de fisiune nucleară, modul în care aceasta se produce prin interacţiunea dintre neutronii obţinuţi prin fisiune şi nucleele înconjurătoare şi condiţiile de producere a reacţiilor de fisiune în lanţ.

Se dezvoltă apoi matematic coeficientul total de multiplicare al reactorului, stabilindu-se dimensiunile critice şi volumele critice pentru cîteva tipuri de reactoare, precum şi puterea reactoarelor nucleare în funcţie de caracteristicile nucleare ale acestora. În mod sumar se prezintă o metodă simplificată de determinare a cantităţii de material fisionabil consumată în reactor şi se indică influenţa pe care o au asupra reactivităţii reactorului barele de reglare, temperatura şi otrăvirea reactorului.

În continuare, în Cap. IV se prezintă foarte pe scurt părţile constitutive ale unui reactor nuclear, tipurile de reactoare cele mai folosite, precum şi caracteristicile generale ale reactoarelor nucleare de diferite tipuri.

În cap. V, care ocupă peste 50% din această primă parte, se studiază caracteristicile specifice ale materialelor folosite în construcţia reactoarelor nucleare. Se începe cu combustibilii nucleari, arătîndu-se proprietăţile nucleare ale acestora şi cîteva soluţii adaptate pentru elementele de combustibil ale unor reactoare nucleare. Se insistă apoi asupra materialelor care pot fi folosite ca moderator, reflector, agenţi termici de răcire, dîndu-se în acest scop condiţiile pe care trebuie să le îndeplinească precum şi proprietăţile acestora. Materialele structurale, de reglare şi pentru protecţia biologică sînt de asemenea prezentate. La sfîrşitul acestei prime părţi se face o analiză mai detaliată asupra modului de comportare a materialelor în reactoarele nucleare, şi anume în ceea ce priveşte coroziunea, acţiunea radiaţiilor şi temperatura.

În *partea a doua* se tratează problemele legate de procesele tehnologice de fabricare şi prelucrare a materialelor nucleare, dîndu-se scheme tehnologice, schiţe şi descrieri ale instalaţiilor respective, diagrame şi formule de lucru.

În această parte se prezintă metodele de extracţie şi de prelucrare a materialelor fertile (U_{238}, Th), fisionabile (U_{235}, U_{233}, Pu_{239}), a moderatoarelor (D_2O, grafit, Be), a agenţilor termici de răcire (He, CO_2, Bi, Li, Na), a materialelor structurale (Al, Ol inox., Ti, Va, Zr) ca şi a celor folosite pentru controlul şi reglarea reactoarelor (B, Cd, Hf).

Pentru fiecare material se indică proprietăţile fizice, chimice şi nucleare, precum şi materia primă şi procedeele de extragere şi prelucrare. În fiecare capitol se insistă în special asupra materialelor ale căror proprietăţi şi tehnologie sînt mai puţin cunoscute.

Depozitarea produselor reziduale rămase de la prelucrarea uraniului şi a toriului iradiat şi evacuarea deşeurilor radioactive solide, lichide şi gazoase sînt tratate în capitolul IX, iar materialele utilizate pentru construcţia ecranelor de protecţie biologică (betoane şi hidruri) constituie subiectul ultimului capitol.

În *concluzie*, trebuie menţionat că deşi lucrarea se adresează în special personalului tehnico-ingineresc din specialităţile chimie şi metalurgia prelucrării materialelor folosite în reactoarele nucleare şi a combustibililor nucleari, prezintă însă interes şi pentru energeticienii care se ocupă cu problemele ridicate de proiectarea, construcţia şi exploatarea reactoarelor nucleare, prin faptul că găsesc în această lucrare proprietăţile materialelor şi condiţiile pe care trebuie să le îndeplinească materialele folosite în reactoarele nucleare.

Conf. **I. A. Badea** şi ing. **A. Parasehiv**

K. GRAUL şi W. JENSEIT: Reglarea turbinelor cu abur (Dampfturbinenregelung) V.E.B. Verlag Technik Berlin 1960 (325 pag., 241 fig., 22 tab., 33 tit. bibl.).

Începută de primul dintre autori, K. Graul, şi bazată pe activitatea acestuia atît practică cît şi teoretică ca profesor la şcoala superioară tehnică din Dresda, lucrarea a fost completată şi prelucrată de către al doilea autor W. Jenseit.

Scrisă sub o formă uşor accesibilă unui cerc larg de cititori, lucrarea se ocupă de procesele de reglare automată a diferitelor mărimi: viteză, presiune şi de metodele de protecţie contra suprasolicitărilor sau avariilor, care constituie sarcina esenţială în exploatarea sigură şi fără variaţii sau oscilaţii a turbinelor cu abur.

După o foarte scurtă introducere în cap. 1, se expun în cap. 2 procesele de reglare, analizîndu-se mărimile caracteristice: creşterea vitezei, timpul de lansare, timpul de închidere şi apoi reglarea turbinelor cu abur care acţionează un generator electric de curent continuu sau curent alternativ.

În cap. 3 se arată sistemele de reglaj folosite de diferitele firme constructoare şi în încheiere se face o scurtă comparaţie între cele două sisteme reprezentative mecanic şi hidraulic, trăgîndu-se concluzia că deşi fiecare sistem are avantajele sale, cel hidraulic este totuşi superior.

Cap. 4, cel mai dezvoltat, tratează elementele componente ale reglajului: regulatorul de viteză, regulatorul de presiune, pompele de ulei, ventilele de reglaj, servomotorul etc.

În cap. 5 se descriu pe scurt instalaţiile de protecţie contra ambalării, cedării lagărului axial, scăderii presiunii de ulei şi protecţiile suplimentare.

În cap. 6, care cuprinde Teoria reglării la T. A., se cercetează — la un nivel matematic ceva mai ridicat — procesele de reglaj cu ajutorul ecuaţiilor diferenţiale şi al altor procedee.

Lucrarea se încheie cu o amplă indicare bibliografică de specialitate (cap. 7) şi cu o recapitulare a simbolurilor folosite (cap. 8).

Plecînd de la datele reale ale T.A. care se construiesc sau se află în exploatare în R.D.G., autorii şi-au propus şi au reuşit să arate foarte amănunţit constructorilor, personalului de exploatare şi studenţilor, cum pot fi rezolvate diferitele probleme puse de reglarea T.A.

Pentru atingerea acestui scop, autorii au recurs la tratarea matematică numai în măsura strict necesară, făcînd dispensabile cunoştinţe teoretice mai aprofundate.

Deosebit de interesantă şi de utilă este lucrarea şi pentru condiţiile din R.P.R. şi în special pentru oamenii din centralele electrice şi pentru specialiştii din construcţia turbinelor.

C. D.

Cea de-a doua conferinţă IMEKO

(Budapesta 26 iunie — 1 iulie 1961)

În luna noiembrie 1958 a avut loc la Budapesta prima Conferinţă Internaţională pentru Tehnica Măsurărilor (IMEKO). Scopul principal al acestei conferinţe a fost de a permite specialiştilor, cercetătorilor şi tehnicienilor din acest domeniu, din diferite ţări, de a face un schimb de vederi în problemele tehnicii măsurătorilor şi a construcţiei de aparate de măsură, Aspectele luate în consideraţie au fost atît cele teoretice şi practice, cît şi cele tehnice, economice sau organizatorice. Ţara noastră a fost reprezentată la acea conferinţă de regretatul acad. prof. *C. Budeanu*.

Interesul manifestat de participanţi la prima conferinţă IMEKO a condus la formarea unui Comitet Internaţional de Pregătire, compus din delegaţi şi observatori din 22 ţări, care a decis să se organizeze ţinerea celei de-a doua conferinţe IMEKO în 1961 la Budapesta, între 26 iunie şi 1 iulie.

Ţara noastră este reprezentată în Comitetul Internaţional de Pregătire prin următorii tovarăşi :

— prof. ing. *Corneliu Penescu*, prorector al Institutului Politehnic Bucureşti şi preşedinte al Comisiei de Automatizări şi Tehnica Măsurătorilor de pe lîngă Consiliul Central ASIT ;

— prof. dr. ing. *Tudor Tănăsescu*, membru corespondent al Academiei R.P.R.

Programul ştiinţific al conferinţei va cuprinde şedinţe plenare în care se vor prezenta rapoarte cu caracter general şi şedinţe pe secţii de specialitate.

Printre secţiile de specialitate citãm :

Secţia 213 : Aparate de măsură electronice de uz general.

Secţia 214 : Probleme privind delimitarea între domeniul tehnicii măsurătorilor şi domeniul automatizărilor.

Secţia 222 : Aparate de măsurarea timpului şi frecvenţei.

Secţia 223 : Aparate şi metode de măsurarea mărimilor termometrice şi calorimetrice.

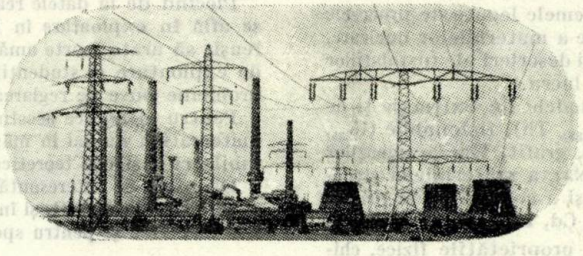
Secţia 224 : Aparate şi metode de măsurări fotometrice, colorimetrice, spectroscopice, electrochimice, analiza gazelor etc.

Secţia 225 : Aparate şi metode de măsurare a mărimilor electrice şi magnetice.

Secţia 226 : Aparate şi metode de măsurare radiotehnice.

Secţia 227 : Aparate şi metode de măsurare a radiaţiilor ionizante.

A.C.M.



СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621. 316.1 : 621.3.051 : 538.551.001.2

Dimo P. и Moraite G.: **Анализ комплексной электроэнергетической системы с 4-мя централями узловым методом токов короткого замыкания**

В данной статье приводится графический анализ, без использования специальных средств, комплексной энергетической системы с четырьмя эквивалентными генераторами, наблюдая изменение во времени величин, которые возникают в динамическом процессе, вызванном коротким замыканием.

Energetica, *9* (1961) N : 3, стр. 81–92

ДК 662.68 : 662.87 : 662.61.001.5

Ungureanu C.: **Результаты распределения струй по сечению пневматических инжекторов**

На основе обобщения экспериментальных данных по распылению жидкого топлива с помощью пневматических форсунок низкого давления получены формулы, позволяющие расчитать плотность орошения в перпендикулярном сечении продольной оси струи.

Для конкретных указанных случаев были получены соответствующие численные коэффициенты. Результаты исследования важны для изучения формы пламени и как следствие заполнения топки на различных расстояниях от передней части форсунки и для разных скоростей потока.

Energetica, *9* (1961) N 3. стр. 94–100

ДК 621. 891/2.004.1

Szekely L.: **Современное направление в оценке качества смазочных масел**

Указана важность физико-химического анализа смазочных масел. Выявляются недостатки некоторых методов анализа, применяемых у нас, и вносятся предложения для их дополнения.

Energetica, *9* (1961) N. 3, стр. 101–105

ДИСКУССИЯ

ДК 621. 3016.25

Vladimir N.: **Некоторые уточнения в определении энергетического эквивалента реактивной мощности в случае использования статических конденсаторов**

Делаются некоторые уточнения по определению энергетического эквивалента реактивной мощности, одновременно указаывая на некоторые неточности в литературе по данному вопросу.

Energetica, *9* (1961) N 3. стр. 106–110

ДК 621.3016.25

Mihăileanu C.: **Замечания к работе инженера Владимира Н. под заглавием: „Некоторые уточнеия в определении энергетического эквивалента реактивной мощности в случае использования статических конденсаторов"**

Критически обсуждается статья, опубликованная выше, инженера Н. Владимира относительно энергетического эквивалента реактивной мощности. Делаются уточнения по определению этой величины, а также и предписанный инструкции но. 58—55 министерства энергитики

Energetica, *9* (1961) N 3. стр. 110–114

С ПРЕДПРИЯТИЙ

ДК 621.311.22 : 531.73 : 662.753.3

Balogh I.: **Испытания, проведенные И.Р.Е. Орадя. по внедрению расходомеров для измерения расхода мазута**

Energetica, *9* (1961) nr. 3, стр. 114–116

ЗНЕРГЕТИКА ЗА РУБЕЖОМ

ДК 621.315.05 : 621.316.26.002(47)

Constantinescu E: **Новые стремления и достижения в области линий и станций высокого напряжения в СССР**

Energetica *9*. (1961) Nr. 3, стр. 116–121

РЕЦЕНЗИИ, стр. 121—123

ХРОНИКА, стр. 124

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.316.1 : 621.3.051 : 538.551.001.2

Dimo P. und *Moraite G.*: **Untersuchung eines konplexen, von vier Kraftwerken gespeisten Verbundnetzes, anhand der Knotenpunktanalyse der Kurzschlussströme**

Zusammenfassung der Ergebnisse der ausschliesslich mit graphischen Mitteln vorgenommenen Analyse eines komplexen Verbundnetzes mit vier aequivalenten Erzeugern, wobei die zeitlichen Schwankungen der Grössenwerte der von einem Kurzschluss in den verschiedenen Netzknotenpunkten hervorgerufenen dynamischen Vorgänge verfolgt werden.

Energetica, *9* (1961) H. 3, S. 81–93

DK 662.68 : 662.87 : 662.61.001.5

Ungureanu C.: **Versuchsergebnisse der Strahlverteilung bei Druckbrennern**

Die auf Grund der Versuchsergebnisse der Zerstäubung flüssiger Brennstoffe mittels Niederdruckbrennern ermittelten Formeln ermöglichen die Berechung der Zerstäubungsdichte eines zur Längsachse des Strahls rechtwinkligen Schnitts. Für bestimmte Fälle wurden Zahlenwerte berechnet. Die Versuchsergebnisse sind für die Erforschung der Flammenform, das heisst für die Füllung des Feuerraums bei verschiedenen Entfernungen vom Brennerrand und unterschiedlichen Strömgeschwindigkeiten von Bedeutung.

Energetica, *9* (1961) H. 3, S. 94–100

DK 621.891/2.004.1

Szekely L.: **Gegenwärtige Tendenzen der Beurteilung von Schmierölen**

In Anbetracht der Bedeutung der physischen und chemischen Schmierölanalyse, werden die Mängel der derzeitig in unserem Land angewendeten Analyseverfahren hervorgehoben und Hinweise für Beseitigung der Mängel gegeben.

Energetica, *9* (1961) H. 3, S. 101–105

DISKUSSIONEN

DK 621.3016.25

Vladimir N.: **Nähere Angaben über die Begriffsbestimmung der aequivalenten Blindleistung, bei Verwendung statischer Kondensatoren**

Es werden nähere Angaben bezüglich der Begriffsbestimmung der aequivalenten Blindleistung, unter Hinweis auf einige diesbezügliche, in der Fachliteratur enthaltenen Unstimmigkeiten gemacht.

Energetica *9* (1961) H. 3, S. 106–110

DK 621.3016.25

Mihăileanu C.: **Bemerkungen zu dem vorstehenden Beitrag von N. Vladimir**

Kritische Betrachtungen zu dem obenstehenden Aufsatz von Ing. N. Vladimir bezüglich der Aequivalenz der Blindleistung bei Versendung statischer Kondensatoren, mit Hinweis auf die Begriffsbestimmung dieser Grösse sowie die diesbezüglichen Bestimmungen der Vorschrift Nr. 58—55 des chemaligen Ministeriums für Elektroenergie und elektrotechnische Industrie.

Energetica *9* (1961) H. 3, S. 110–114

AUS DEN KRAFTWERKEN.

DK 62131.1.22 : 531.73 : 662.753.3

Balogh I.: **Die vom Elektrizitätswerk Oradea unternommenen Versuche mit Raummesszählern, für Verbrauchsbestimmung flüssigen Brennstoffs**

Energetica *9* (1961) H. 3. S. 114–116

ENERGIEWIRTSCHAFT JENSEITS DER GRENZEN

DK 621.315.05 : 621.316.26.002 (47)

Constantinescu E.: **Neue Entwicklungen auf dem Gebiet der Hochspannungsleitungen und Umspannanlagen, in der U.d.S.S.R.**

Energetica *9* (1961) H. 3, S. 116–121

BUCHBESPRECHUNGEN, S. 121—123

CHRONIK, S. 124

SOMMAIRE

CD 621.316.1 : 621.3.051 : 538.551.001.2

Dimo P. et *Moraite G.* : **L'analyse d'un système électro-énergétique complexe à 4 centrales, par la méthode nodale, des courants de court-circuit**

Dans l'étude présente les auteurs donnent en résumé l'analyse, par la voie graphique, sans aucun moyen particulier, d'un système énergétique complexe à 4 génératrices équivalentes, tout en suivant la variation, dans le temps, des valeurs des grandeurs qui interviennent dans un processus dynamique provoqué par un court-circuit dans les différents noeuds du réseau.

Energetica *9* (1961) no. 3, p. 81—93

CD 662.68.662 .87 : 662.61.001.5

Ungureanu C. : **Quelques résultats concernant la distribution des jets, par section, aux injecteurs pneumatiques**

Partant de la généralisation des données expérimentales, en ce qui concerne la pulvérisation du combustible liquide à l'aide des injecteurs pneumatiques à basse pression, on a obtenu des formules qui permettent de calculer la densité d'arrosage dans une section perpendiculaire sur l'axe longitudinal du courant.

Pour les cas réels mentionnés, l'on a obtenu les coefficients numériques respectifs. Les résultats des recherches sont importants pour l'étude de la forme de la flamme et par conséquent du remplissage du foyer, à des différentes distances de l'ouverture de l'injecteur, ainsi que pour les différentes vitesses du flux.

Energetica *9* (1961) no. 3, p. 94—100

CD 621.891/2 004.1

Szekely L. : **Tendances actuelles dans l'appréciation de la qualité des huiles lubrifiantes**

On traite de l'importance des analyses physico-chimiques aux huiles lubrifiantes. On met en évidence les défauts de certaines méthodes d'analyse appliquées chez nous, tout en faisant des propositions pour y porter remède.

Energetica *9* (1961) no. 3, p. 101 – 105

DISCUSSIONS

CD 621.3016.25

Vladimir N. : **Quelques précisions relatives à la détermination de l'équipement énergétique de la puissance réactive au cas de l'utilisation des condensateurs statiques**

L'auteur apporte quelques précisions au sujet de la détermination de l'équivalent énergétique de la puissance réactive, tout en signalant plusieurs inexactitudes rencontrées dans la littérature professionnelle traitant du problème en cause.

Energetica *9* (1961) no. 3, p. 106—110

CD 621.3016.25

Mihăileanu C. : **Quelques remarques à propos de l'étude de l'ingénieur Vladimir N., intitulée „Quelques précisions relatives à la détermination de l'équivalent énergétique de la puissance réactive au cas de l'utilisation des condensateurs statiques"**

L'auteur fait quelques remarques critiques sur l'article, publié par l'ingénieur Vladimir N. dans ce même numéro de la revue Energetica, au sujet de l'équivalent énergétique de la puissance réactive. Il apporte quelques précisions sur la détermination de cette grandeur, ainsi que sur les stipulations prévues dans l'instruction no. 58—55 MEEIE (de l'ancien Ministère de l'Enérgie électrique et de l'Industrie Electrotehnique).

Energetica *9* (1961) no. 3, p. 110—114

NOUVELLES DE NOS EXPLOITATIONS

CD 621.311.22 : 531.73 : 662.753.3

Balogh I. : **Les essais effectués à l'Entreprise Régionale d'Electricité IRE-Oradea pour l'application des compteurs volumétriques au mesurage de la consommation de mazout**

Energetica *9* (1961) no 3 p. 114—116

L'ÉNERGÉTIQUE A L'ÉTRANGER

CD 621.315.05 : 621.316.26.002 (47)

Constantinescu E. : **Nouvelles tendances et réalisations dans le domaine des lignes et des stations à haute tension en U.R.S.S.**

Energetica *9* (1961) no. 3, p. 116 – 121

COMPTES RENDUS, p. 121 — 123
CHRONIQUE, p. 124

CONTENTS

DC 621.316.1 : 621.3.051 : 538.551.001.2

Dimo P. and *Moraite G.* : **Analysing a complex electropower system comprising four stations, by means of the nodal method of currents at short circuit**

The analysis is graphically summarized of a complex power system with four equivalent generators by following the variation in time of the values occurring during a dynamic process caused by a short circuit in the different knots of the network.

Energetica, *9* (1961) no. 3, p. 81 – 93

DC 662.68 : 662.87 · 662.61.001.5

Ungureanu C. : **Some results concerning the distribution of jets over the section in pneumatic injectors**

The generalization of experimental data concerning the atomisation of liquid fuel by means of low pressure injectors has led to the obtention of formulae serving to compute the spraying density in a section perpendicular to the longitudinal axis of the current. Numerical coefficients were obtained for the particular cases pointed out in the paper. The results of these researches are important in studying the flame shape and, accordingly, in filling the focus, at various distances from the injector mouth and different speed of the flow.

Energetica, *9* (1961) no. 3, p. 94 – 100

DC 621.891/2.004.1

Szekely L. : **Present- day trends in estimating the quality of lubricating oils**

The importance is emphasized of physical and chemical analysis of lubricating oils. The drawbacks are pointed out of several analytical methods so far applied and suggestions. made in view of their improvement.

Energetica, *9* (1961) no. 3, p. 101 – 105

DISCUSSIONS

DC 621.3016.25

Vladimir N. : **Some specifications concerning the defining of the power equivalent of reactive power, in the case of statical condensers**

Some specifications are made in defining the power equivalent of the reactive power. Several inaccuracies found in the literature treating this problem are pointed out.

Energetica. *9* (1961) no. 3, p.. 106 – 110

DC 621.3016.25

Mihăileanu C. : **Observations concerning the N. Vladimir's work entitled : „Some specifications concerning the defining of the power equivalent of reactive power, in the case of statical condensers' '**

Some critical observations are made regarding the paper published in this issue by N. Vladimir engineer, with respect to the power equivalent of the reactive power. Some specifications are included concerning the definition of this value as well as the provisions of the instruction no. 58—55 of the Electric Power Ministry.

Energetica, *9* (1961) no. 3, p. 110 – 114

OPERATION NEWS

DC 621.311.22 : 531.73 : 662.753.3

Balogh I. : **Tests carried out at the Oradea Electric Regional Enterprise for measuring the consumption of fuel crude oil by volumetric meters**

Energetică *9* (1961) no. 3, p. 114 – 116

ENERGETICS ABROAD

DC 621.315.05 :621.316.26.002 (47)

Constantinescu E. : **New trends and achievements in the field of high tension lines and stations in the U.S.S.R.**

Energetica *9* (1961) no. 3, p. 116 – 121

REVIEWS, p. 121 — 123
CHRONICLE, p. 124

OS·MŰSZAKI·KÖNYVTÁR·CS·
1883

(Continuare de pe coperta II)

2.2.3. *Dezvoltările matematice* vor fi limitate la cele absolut necesare înțelegerii raționamentului matematic. Este suficient, în general, punerea în ecuație și indicarea rezultatelor. Pentru demonstrații se vor alcătui anexe (v. pct. 2.1.7).

2.2.4. *Tabelele* se vor folosi în cazul cînd date numerice importante nu pot fi reprezentate grafic satisfăcător. Nu se admite folosirea concomitent a datelor numerice sub formă de tabelă și diagramă. Tabelele vor fi referite în text și se va indica sursa lor.

2.2.5. *Materialul grafic ilustrativ* (figuri, fotografii) va permite reprezentarea clară și intuitivă a unor idei, puncte de vedere. Ele trebuie să completeze expunerea din text și vor fi referite cu grijă în text, indicîndu-se sursa lor.

2.2.6. *Sistematizarea și numerotarea* capitolelor se va face cu grijă, evitîndu-se excese. Se recomandă utilizarea sistemului zecimal.

2.3. **Forma exterioară a lucrării**

2.3.1. *Terminologie, mărimi și unități.* Se recomandă a fi conforme cu normele internaționale și STAS-urile în vigoare.

2.3.2. *Scrierea formulelor.* Se recomandă o atenție deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii și exponenții se vor scrie mai mici decît baza și așezați mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grijă literele majuscule, minuscule sau cele rusești, romane, grecești, germane etc. Numerotarea formulelor se va face în dreapta în paranteze rotunde.

2.3.3. *Figurile* trebuie executate unitar și rațional. Ele vor fi numerotate în continuare. Fotografiile vor fi pe hîrtie strălucitoare alb-negru. Explicația figurilor se face pe o pagină separată.

2.3.4. *Notele* din text se numerotează în continuare.

2.3.5. *Citarea* literaturii în text se face prin simpla indicare a poziției lucrării din cadrul listei bibliografice, în paranteze drepte, fără alte mențiuni.

2.3.6. *Lista bibliografică* se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cît și figuri sau tabele), speciale cît și cele generale. Se vor indica toate datele în transcripții originale. Pentru cărți : numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet (eventual și tradus, în paranteze), ediția, editorul, locul editării, anul. Pentru articole : numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet original (eventual și tradus, în paranteze), revista, tomul, anul, numărul, pagina.

2.3.7. *Scrisul la mașină* al articolelor este recomandat cu insistență, exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic. Se scrie pe o singură față, la două rînduri (2 000 semne pe pagină). În partea stîngă a foii se lasă o margine de 5 cm.

2.3.8. *Paginația* se face în continuare. Se recomandă un volum de 10—12 pagini pentru articole.

2.3.9. *Expedierea.* Lucrările (în dublu exemplar) vor fi prinse cu agrafe. Manuscrisul se expediază cu paginile întinse format A_4 și cu plicul conținînd materialul grafic-ilustrativ anexat.

3. RELAȚII CU REDACȚIA

3.1. Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicații.

3.2. Articolele se trimit cu o notă însoțitoare pe adresa redacției. În notă se vor indica : titluri academice, funcțiuni, localitatea și adresa domiciliului, nr. de telefon.

3.3. Lucrările executate în cadrul diverselor instituții sau organizații vor purta aprobarea acestora de publicare.

3.4. Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare.

3.5. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 de ore de la primire. Nu se admit modificări esențiale față de manuscris. Modificări importante ale manuscrisului cad în sarcina autorului.

SOCIETATEA POLONEZĂ CU RESPONSABILITATE LIMITATĂ
PENTRU COMERȚUL EXTERIOR DE ECHIPAMENT ELECTROTEHNIC

„Elektrim"

Varșovia 2, Czackiego 15/17, Polonia
Telefon 6-62-71 ■ TELEX.: 10415
Telegrame: ELEKTRIM—WARSZAWA
Cutia poștală 254

vă oferă un bogat sortiment de aparate de măsură și control pentru aplicații în domeniul tehnicii nucleare :

- Contoare electronice de impulsuri
- Dispozitive de numărare rapidă
- Dozimetre de buzunar
- Detectoare de radioactivitate de buzunar
- Dozimetre de raze X
- Aparcte de măsură pentru contaminări radioactive
- Contoare de scintilație
- Cronometre electronice
- Integratoare
- Detectoare de scintilație
- Surse de alimentare stabilizate de înaltă tensiune
- Electrometre
- Detectoare cu camere de ionizare
- Selectoare de amplitudine a impulsurilor
- Amplificatoare de impulsuri
  și alte aparate de măsură și control

O documentație tehnică detaliată și oferte comerciale vă vor fi trimise la simpla cerere adresată societății noastre.

I. P. 2. c. 987

LEI 5

E. 2039

R

REFERATIVA

KAT

ENERGETICA

Energetica — Vol. 9 — aprilie 4 nr. 4/1961 — p. 125-172 — Bucureşti

1961

Recomandări privind întocmirea articolelor tehnico-științifice

1. FONDUL ARTICOLELOR

1.1. *Lucrări* **ce pot fi prezentate spre publicare:**

1.1.1. *de importanță generală* **(principii noi, dispoziții noi, rezultate experimentale originale, studii teoretice inedite, ale unor fenomene fizice și procese tehnice cu caracter general);**

1.1.2. *tehnico-științifice, speciale, teoretice sau experimentale,* **având contribuții originale dar referindu-se la un domeniu de specialitate restrîns (extinderea valabilității unor dispoziții, aplicarea unor teorii sau metode cunoscute la o problemă nouă, rezultate experimentale inedite sau de control);**

1.1.3. *tehnice obișnuite* **(expunerea studiului unor probleme tehnico-științifice, discuții și critici ale unor rezultate cunoscute etc.).**

1.2. *Legătura cu practica* **muncii de cercetare, proiectare, învățămînt, producție este condiția esențială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuție trebuie să se refere la probleme noi și actuale, de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde considerații privind eficiența economică a soluțiilor. Se recomandă ca articolele să posede propuneri de viitor.**

1.3. *Verificarea experimentală* **se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.**

1.4. *Lucrări* **care au mai fost publicate integral sau parțial nu pot fi trimise redacției spre publicare.**

2. FORMA ARTICOLELOR

2.1. *Organizarea* **lucrării**

2.1.1. *Titlul* **va prezenta în minimum de cuvinte obiectul lucrării.**

2.1.2. *Numele* **autorului va fi precedat de prenume.**

2.1.3. *Un scurt rezumat* **fixînd premizele de la care s-a pornit problema studiată și cadrul în care este tratată, nedepășind 6–8 rînduri, se va anexa lucrării.**

2.1.4. *Împărțirea* **pe capitole se va face cu cîteva subtitluri potrivit alese, în număr strict necesar pentru o expunere clară a ideilor și înlesnirea orientării.**

2.1.5. *Textul.* **În introducere, se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei și în preocupările producției; de asemenea se arată scopul lucrării, subliniindu-se expres contribuția autorului. Tratarea va trebui să fie unitară permițînd inteligibilitatea fără dificultăți a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstrații voluminoase, de asemenea se va evita repetarea în text a ceea ce poate fi găsit în literatura publicată sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic-ilustrativ, tabele etc.**

2.1.6. *Concluziile* **vor concentra rezultatele obținute, cu indicarea limitei de valabilitate și aplicațiile posibile.**

2.1.7. *Anexele* **pot cuprinde demonstrații originale sau absolut necesare înțelegerii formulelor din text: de asemenea, în anexe se pot da exemple de calcul în cazul articolelor care necesită asemenea exemple.**

2.1.8. *Citarea literaturii de specialitate.* **Afirmațiile luate din alte lucrări și care nu sînt general cunoscute vor fi referite la lista bibliografică de la sfîrșitul lucrării. Referirea se face indicîndu-se poziția lucrării în lista bibliografică în paranteze drepte.**

2.2. *Prezentarea* **lucrării**

2.2.1. *Nivelul* **articolelor va fi înalt.**

2.2.2. *Stilul.* **Redactarea va fi clară și concisă. Ortografia va fi în concordanță cu regulile Academiei R.P.R. Nu se admit prescurtări cu excepția celor unanim cunoscute.**

2.2.3. *Dezvoltările matematice* **vor fi limitate la cele absolut necesare înțelegerii raționamentului matematic. Este suficient, în general, punerea în ecuație și indicarea rezultatelor. Pentru demonstrații se vor alcătui anexe (v. pct. 2.1.7).**

2.2.4. *Tabelele* **se vor folosi în cazul cînd date numerice importante nu pot fi reprezentate grafic satisfăcător. Nu se admite folosirea concomitentă a datelor numerice sub formă de tabelă și diagramă. Tabelele vor fi referite în text și se va indica sursa lor.**

2.2.5. *Materialul grafic ilustrativ* **(figuri, fotografii) va permite reprezentarea clară și intuitivă a unor idei, puncte de vedere. Ele trebuie să completeze expunerea din text și vor fi referite cu grijă în text indicîndu-se sursa lor.**

2.2.6. *Sistematizarea și numerotarea* **capitolelor se va face cu grije evitîndu-se excesele. Se recomandă utilizarea sistemului zecimal.**

2.3. *Forma exterioară a lucrării*

2.3.1. *Terminologie, mărimi și unități.* **Se recomandă a fi conforme cu normele internaționale și STAS-urile în vigoare.**

2.3.2. *Scrierea formulelor.* **Se recomandă o ateție deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii și exponenții se vor scrie mai mici decît baza și așezați mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grijă literele majuscule, minuscule sau cele rusești, romane, grecești, germane etc. Numerotarea formulelor se va face în paranteze în dreapta rotunde.**

2.3.3. *Figurile* **trebuie executate unitar și rațional. Ele vor fi numerotate în continuare. Fotografiile vor fi pe hîrtie strălucitoare alb-negru. Explicația figurilor se va face pe o pagină separată.**

2.3.4. *Notele* **din text se numerotează în continuare.**

2.3.5. *Citarea* **literaturii în text se face prin simpla indicare a poziției lucrării din cadrul listei bibliografice, în paranteze drepte, fără alte mențiuni.**

2.3.6. *Lista bibliografică* **se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cît și figuri sau tabele), speciale cît și cele generale. Se vor indica toate datele în transcripții originale. Pentru cărți: numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet (eventual și tradus, în paranteze), ediția, editorul, locul editării, anul. Pentru articole: numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet original (eventual și tradus, în paranteze), revista, tomul, anul, numărul, pagina.**

2.3.7. *Scrisul la mașină* **al articolelor este recomandat cu insistență, exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic. Se scrie pe o singură față, la două rînduri (2 000 semne pe pagină). În partea stîngă a foii se lasă o margine de 5 cm.**

2.3.8. *Paginația* **se face în continuare. Se recomandă un volum de 10–12 pagini pentru articole.**

2.3.9. *Expedierea.* **Lucrările (în dublu exemplar) vor fi prinse cu agrafe. Manuscrisul se expediază cu paginile întinse format A4 și cu plicul conținînd materialul grafic ilustrativ anexat.**

3. RELAȚII CU REDACȚIA

3.1. **Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicații.**

3.2. **Articolele se trimit cu o notă însoțitoare pe adresa redacției. În notă se vor indica: titluri academice, funcțiuni, localitatea și adresa domiciliului, nr. de telefon.**

3.3. **Lucrările executate în cadrul diverselor instituții sau organizații vor purta aprobarea acestora de publicare.**

3.4. **Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare.**

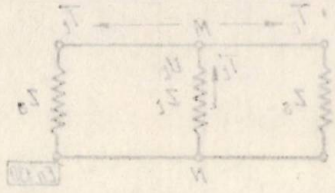
3.5. **Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 ore de la primire. Nu se admit modificări esențiale față de manuscris. Modificările importante ale manuscrisului cad în sarcina autorului.**

E 2039

ENERGETICA

ANUL 9
1961
Nr. 4
APRILIE

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.
ȘI AL MINISTERULUI MINELOR ȘI ENERGIEI ELECTRICE



Metodă pentru topirea electrică a chiciurii pe liniile de transport de energie 110 kV, fără perturbări la consumatori

Ing. *VLAD RĂDULESCU*

I. Considerații generale

În cadrul desăvîrșirii construcției socialismului la noi în țară, în conformitate cu Directivele Congresului al III-lea al Partidului Muncitoresc Romîn, este necesară o alimentare suficientă cu energie electrică, în cele mai bune condiții de calitate și siguranță, a tuturor consumatorilor care utilizează această energie. În acest scop, se cere în primul rînd o continuitate cît mai perfectă a alimentării, în special a consumatorilor industriali de energie electrică, știut fiind că întreruperile în alimentarea acestora conduc adeseori la pagube grave în producție și în instalațiile industriale și chiar la periclitări de vieți omenești. În condițiile actuale, în care majoritatea industriilor și centrelor populate sînt alimentate cu energie electrică din sistemul energetic interconectat din R.P.R., se dă o deosebită importanță funcționării neîntrerupte, în special a liniilor importante de transport al energiei citate, unind între ele centrele de producere cu cele de consum al energiei electrice.

În acest sens, se iau toate măsurile posibile, pentru a se evita ruperea conductoarelor liniilor de transport de energie electrică, datorită depunerilor masive de chiciură (polei) în timpul iernii, metoda cea mai eficace pentru aceasta, pe liniile mai lungi și în condițiile depunerilor rapide ce apar la noi în țară, fiind cea a topirii electrice a chiciurii, prin trecerea unui curent de o valoare apreciabilă prin conductoare, într-un interval de timp suficient pentru topire.

Operația se poate realiza cu mijloace simple, dacă se întrerupe linia supusă deschiciurării și se pune în scurtcircuit la capătul dinspre consumatori, iar la capătul dinspre sursă se alimentează cu o tensiune redusă, capabilă a da în linie curentul calculat pentru topire și care trebuie să nu producă scăderea calităților mecanice ale conductoarelor.

În cazul cînd consumatorii nu pot fi alimentați pe altă cale decît prin linia considerată, aceasta înseamnă întreruperea alimentării lor cu energie electrică pe circa o oră și jumătate cel puțin, cît durează topirea și manevrele aferente în instalații, — condiție inadmisibilă în cazul multor consumatori industriali sau al unor centre populate importante.

Pentru a se evita asemenea situații, se preferă, în astfel de cazuri, metodele de deschiciurare (de topirea chiciurii), fără întreruperea alimentării consumatorilor prin liniile supuse acestei operații. Întrucît, pe de altă parte, centrele de consum importante de la noi din țară sînt alimentate prin linii de transport de energie electrică de 110 kV, avînd punctul neutru al circuitului trifazat respectiv legat direct la pămînt, pe astfel de linii se pot separa pe rînd, de restul circuitului, cele trei faze, aplicîndu-li-se curentul de deschiciurare, cu întoarcere prin pămînt. În acest fel, pe timpul aplicării operației de topire consecutiv pe cele trei faze, linia va funcționa în două faze, cu curent de întoarcere prin pămînt, ceea ce permite continuarea alimentării consumatorilor, chiar în timpul deschiciurării. În acest caz însă, alimentarea se face cu o putere redusă, astfel încît să nu se depășească o anumită limită de disimetrie la bornele motoarelor electrice ale consumatorilor, întrucît la depășirea acestei limite s-ar produce încălziri suplimentare inadmisibile ale motoarelor sau imposibilitatea repornirii lor, în caz de oprire în timpul funcționării disimetrice. De asemenea, se riscă, la funcționarea liniilor de 110 kV în două faze, cu disimetrii peste limita admisă, defectarea generatoarelor din centralele de alimentare, prin încălzire suplimentară a înfășurărilor rotorice.

Pentru evitarea situațiilor arătate mai sus, s-a preconizat în ultimul timp în Uniunea Sovietică [1], utilizarea unei metode de topire a chiciurii fără separarea pe rînd a fiecărei faze de restul circuitului, curentul de topire fiind totuși aplicat și aici pe rînd fiecărei faze, cu întoarcerea prin pămînt. Operația este însă condiționată de întreruperea temporară, pe tot timpul aplicării ei, a legăturii directe la pămînt, a punctului neutru din sistemul trifazat respectiv.

Scopul prezentului articol este analiza teoretică a funcționării unei linii de 110 kV în condițiile preconizate, cu justificarea faptului că se realizează în acest caz o alimentare practic normală a consumatorilor, fără reducerea puterii electrice cerute de aceștia, pe tot timpul deschiciurării, care, în cazul aplicării ei pe rînd pe cele trei faze, poate dura pînă la 4÷5 ore.

II. Schema electrică utilizată și condiții de funcționare teoretice

În fig. 1 s-a reprezentat schema electrică simplificată a unei linii electrice trifazate, cu punctul neutru temporar izolat de pămînt și pe care se aplică, pe una din faze, un curent suplimentar, cu închiderea prin pămînt, în scopul topirii chiciurii pe faza respectivă. Funcționarea în două faze a liniei considerate, necesară în cazul punctului neutru legat direct la pămînt, datorită separării fazei de deschiciurat, spre a nu se scurtcircuita faza corespunzătoare înfășurării transformatorului legat la linie, se înlocuiește astfel cu o *funcționare în regim trifazat dezechilibrat, cu punctul neutru izolat.* Pentru aceasta, în fig. 1, prin sursa de încălzire utilizată la topirea chiciurii (de obicei un transformator legat la aceleași bare ca și linia ce se deschiciurează), se aplică la un capăt al liniei, între fiecare fază și pămînt pe rînd, o tensiune egală cu U.

Simultan, celălalt capăt al fiecărei faze tratate se leagă direct la pămînt.

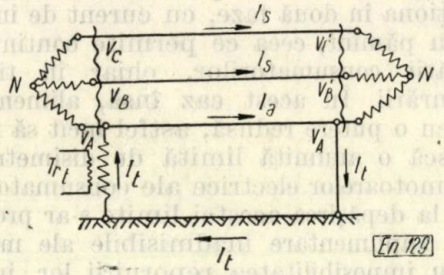


Fig. 1

În cazul stabilit prin fig. 1, tensiunea de topire se aplică între faza A, supusă încălzirii suplimentare pentru deschiciurare, și pămînt. Notînd cu V_A potențialul punctului de pe faza A, în care se aplică tensiunea de topire, cu V_A' potențialul punctului în care aceeași fază se leagă la pămînt, pentru închiderea circuitului de topire, și cu I_a curentul pe faza A, respectiv cu Z_a impedanța fazei, între cele două puncte

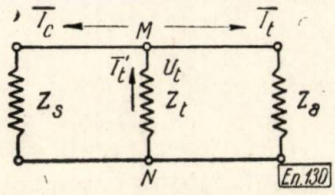


Fig. 2.

citate, se obține, pentru tensiunea aplicată, relația:

$$\overline{U}_A = \overline{Z}_a \cdot \overline{I}_a = \overline{V}_A - \overline{V}_A'. \qquad (1)$$

În aceeași situație, arătată în schemă, se mai poate scrie, pentru celelalte două faze, nesupuse simultan operației de topire:

$$\overline{U}_B = \overline{Z}_{dB} \cdot \overline{I}_s = \overline{V}_B - \overline{V}_B' \qquad (1')$$

și

$$\overline{U}_C = \overline{Z}_{dC} \cdot \overline{I}_s = \overline{V}_C - \overline{V}_C' \qquad (1'')$$

în care Z_{dB} și Z_{dC} sînt impedanțele de secvență directă ale fazelor respective.

În sistemul (1,1',1'') de mai sus, $\overline{I}_s$ este curentul de sarcină în circuitul trifazat considerat, presupus același pe toate fazele, în funcționare normală. Totodată, curentul $\overline{I}_a$ rezultă din compunerea curentului de sarcină $\overline{I}_s$, cu curentul $\overline{I}_t$, datorit transformatorului utilizat pentru topire, conform relației:

$$\overline{I}_a = \overline{I}_s + \overline{I}_t \,. \qquad (2)$$

În ceea ce privește curentul $\overline{I}_t$, relația pentru calculul său rezultă din următoarele considerente:

Conform schemei din fig. 2, în înfășurarea de joasă tensiune a transformatorului de topire se induce o tensiune $\overline{U}_t$, producîndu-se un curent $\overline{I}_t$ între punctele M și N din schemă. Acest curent se descompune în curentul $\overline{I}_t$, parcurgînd faza de deschiciurat și în $\overline{I}_c$, curentul prin restul sistemului, înlocuit în schemă prin impedanța Z_s.

Totodată, dacă se admite $I_s = 0$, între punctele M și N se poate scrie relația de tensiuni:

$$\overline{U}_t - \overline{Z}_t \cdot \overline{I}_t = \overline{Z}_a \cdot \overline{I}_t \,. \qquad (3)$$

Întrucît însă sistemul s-a considerat cu punctele neutre izolate, $\overline{I}_c$ se închide prin capacitatea

sistemului și este în general neglijabil față de $\bar{I}_t$, care are de regulă valori între 480 și 600 A. Se poate deci lua $\bar{I}_t \cong \bar{I}_t$, cu care se deduce, din relația (3):

$$\bar{I}_t = \frac{\bar{U}_t}{\bar{Z}_a + \bar{Z}_t} = \frac{\bar{U}_t}{Z_a + \bar{Z}_t} \cdot \qquad (3')$$

cu observația că se poate scrie $\bar{Z}_a = \bar{Z}_h$, în care $\bar{Z}_h$ este impedanța homopolară a unei faze a circuitului, pe porțiunea supusă deschiciurării.

În fine, considerînd un curent de sarcină $\bar{I}_s$ diferit de zero, rezultă relația (2). Totodată, mai rezultă din relațiile (1), (2) și (3'):

$$\bar{U}_A = \bar{Z}_h \cdot \frac{\bar{U}_t}{\bar{Z}_t + \bar{Z}_a} + \bar{Z}_h \cdot \bar{I}_s \qquad (4)$$

în care toate elementele sînt cunoscute, dacă se dă mărimea tensiunii de topire și curentul de sarcină al circuitului, în momentul topirii chiciurii, precum și lungimea liniei de deschiciurat și constantele liniei și transformatorului de topire.

Prin aplicarea tensiunii de alimentare pe o singură fază, se creează un sistem de tensiuni trifazat dezechilibrat, ale cărui componente simetrice sînt:

$$\bar{U}_h = \frac{1}{3}\left[\bar{Z}_h \cdot \frac{\bar{U}_t}{\bar{Z}_t + \bar{Z}_h} + \bar{Z}_h \cdot \bar{I}_{sA} + \bar{Z}_{dB} \cdot \bar{I}_{sB} + \bar{Z}_{dC} \cdot \bar{I}_{sC}\right] \qquad (5)$$

$$\bar{U}_d = \frac{1}{3}\left[\bar{Z}_h \cdot \frac{\bar{U}_t}{\bar{Z}_t + \bar{Z}_h} + \bar{Z}_h \cdot \bar{I}_{sA} + a^2 \cdot \bar{Z}_{dB} \cdot \bar{I}_{sB} + a \cdot \bar{Z}_{dC} \cdot \bar{I}_{sC}\right] \qquad (5')$$

$$\bar{U}_i = \frac{1}{3}\left[\bar{Z}_h \cdot \frac{\bar{U}_t}{\bar{Z}_t + \bar{Z}_h} + \bar{Z}_h \cdot \bar{I}_{sA} + a \cdot \bar{Z}_{dB} \cdot \bar{I}_{sB} + a^2 \cdot \bar{Z}_{dC} \cdot \bar{I}_{sC}\right] \qquad (5'')$$

Calculul celor trei componente simetrice depinde de configurația circuitului și de decalajele dintre curenți, astfel încît problema se rezolvă de la caz la caz. Totuși, se pot trage concluzii și din forma generală a ecuațiilor (5), (5'), (5'') de mai sus; într-adevăr, în membrul al doilea al ecuațiilor citate există doi termeni comuni, iar ceilalți doi termeni din dreapta se pot pune sub forma:

$$\bar{Z}_{dB} \cdot \bar{I}_{sB} + \bar{Z}_{dC} \cdot \bar{I}_{sC} = Z_d \cdot I_s + Z_d \cdot I_s\,(-0{,}5 - j\,0{,}865) = Z_d\, I_s\,(0{,}5 - j\,0{,}865) \qquad (6)$$

$$a^2 \cdot \bar{Z}_{dB} \cdot \bar{I}_{sB} + a \cdot \bar{Z}_{dc} \cdot \bar{I}_{sc} = Z_d\, I_s\,(-0{,}5 - j\,0{,}865) + Z_d \cdot I_s\,(-0{,}5 + j\,0{,}865)\,(-0{,}5 - j\,0{,}865) = Z_d \cdot I_s\,(-0{,}5 + j\,0{,}865 + 0{,}25 + 0{,}75) = Z_d \cdot I_s\,(+0{,}5 - j\,0{,}865) \qquad (6')$$

$$a \cdot \bar{Z}_{dB} \cdot \bar{I}_{sB} + a^2 \cdot \bar{Z}_{dC} \cdot \bar{I}_{sC} = Z_d \cdot I_s\,(-0{,}5 + j\,0{,}865) + Z_d \cdot I_s\,(-0{,}5 - j\,0{,}865)\,(-0{,}5 - j\,0{,}865) = Z_d \cdot I_s\,(-0{,}5 + j\,0{,}865 + 0{,}25 - 0{,}75 + j\,0{,}865) = Z_d \cdot I_s\,(-1 + j\,1{,}73) \qquad (6'')$$

Modulele vectorilor rezultanți ai expresiilor de mai sus sînt:

Modulul expresiei (6): $Z_d \cdot I_s$

Modulul expresiei (6'): $Z_d \cdot I_s$

Modulul expresiei (6'') $2\,Z_d \cdot I_s$.

Ecuațiile (6), (6') și (6'') s-au dedus în ipoteza egalității impedanțelor și curenților de sarcină pe fază ($Z_{dB} = Z_{dC} = Z_d$, iar $I_{sB} = I_{sC} = I_s$) și în ipoteza că s-a luat ca origină de fază faza vectorului I_{sB}, față de care vectorul I_{sC} este decalat în urmă cu $\frac{2\pi}{3}$.

În consecință, se constată că între componentele simetrice ale tensiunii, în circuitul trifazat dezechilibrat studiat, există următoareie relații:

$$\bar{U}_h = \bar{U}_d \qquad (7)$$

și

$$\bar{U}_i = \bar{U}_h + \overline{Z_d \cdot I_s} = \bar{U}_d + \overline{Z_d \cdot I_s} \qquad (7')$$

și deci

$$\bar{U}_i > \bar{U}_h\,, \text{ respectiv } \bar{U}_i > \bar{U}_d \qquad (7'')$$

în timp ce în cazul funcționării unei linii cu o fază întreruptă și cu neutrul sistemului trifazat legat direct la pămînt, se demostrează [2] că:

$$\bar{U}_h = \bar{U}_d = \bar{U}_i\,. \qquad (8)$$

Din cele de mai sus rezultă că, în cazul topirii chiciurii fază cu fază, fără întreruperea consuma-

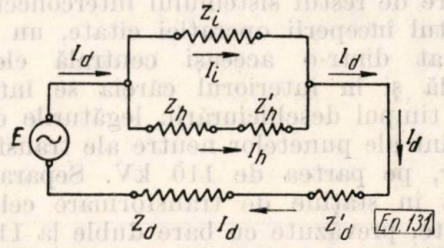


Fig. 3

torilor alimentați prin linia supusă deschiciurării, dar cu întreruperea legăturilor directe la pămînt ale punctului neutru, schema echivalentă a sistemului, pentru calculul dezechilibrelor de curent și al disimetriilor de tensiuni, produse în această situație, va fi cea arătată în fig. 3.

În această schemă echivalentă, spre deosebire de cazul funcționării în două faze cu neutrul legat la pămînt, în care impedanțele corespunzătoare celor trei secvențe sînt legate în paralel (cea de secvență directă conținînd și sursa de energie), — se adaugă cîte o impedanță suplimentară în serie, Z_d' pe secvența directă și Z_h' pe secvența homopolară, astfel ca :

$$Z_d' I_d = Z_h' \cdot I_h = Z_{dt} \cdot I_s \cdot$$

De asemenea, dacă $\overline{I}_d = \overline{I}_s$, rezultă :

$$\overline{Z}_d' = \overline{Z}_{dt} \tag{9}$$

și

$$\overline{Z}_h' = \overline{Z}_{dt} \cdot \frac{\overline{I}_s}{\overline{I}_h} \tag{9'}$$

în care Z_{dt} este impedanța directă a porțiunii de linie supusă deschiciurării și la care s-au aplicat mai sus ecuațiile (5), (5'), (5''), respectiv (6), (6'), (6'').

Din condițiile de calcul ale dezechilibrelor de tensiuni, în cazul aplicării metodei de deschiciurare, examinate în prezentul articol, rezultă următoarele concluzii :

1. Atît componenta de secvență directă, cît și cele de secvență inversă și homopolară, în circuitul supus topirii chiciurii, sînt funcții directe de impedanța homopolară a circuitului, Z_h. Dacă se pune primul termen al membrului al doilea, din fiecare ecuație a sistemului (5), (5'), (5''), sub forma :

$$\overline{Z}_h \cdot \frac{\overline{U}_t}{\overline{Z}_t + \overline{Z}_h} = \overline{U}_t \left[\frac{\overline{Z}_h + \overline{Z}_t}{\overline{Z}_t + \overline{Z}_h} - \frac{\overline{Z}_t}{\overline{Z}_t + \overline{Z}_h} \right] =$$

$$= \overline{U}_A \left[1 - \frac{\overline{Z}_t}{\overline{Z}_t + \overline{Z}_h} \right] \tag{10}$$

se observă că acest termen scade, odată cu al doilea termen din membrul al doilea, din ecuațiile amintite mai sus, atunci cînd scade Z_h. Or, într-un sistem în care se practică deschiciurarea după metoda arătată, este nevoie să se separe de restul sistemului interconectat, în momentul începerii operației citate, un sector alimentat dintr-o aceeași centrală electrică regională și în interiorul căreia se întrerup, pentru timpul deschiciurării, legăturile directe la pămînt ale punctelor neutre ale transformatoarelor, pe partea de 110 kV. Separația se execută în stațiile de transformare cele mai apropiate, prevăzute cu bare duble la 110 kV, — astfel încît sistemul izolat să alimenteze o serie de consumatori cu energie electrică, pe unul din sistemele de bare colectoare, — iar restul sistemului interconectat să alimenteze restul consumatorilor racordați în punctele respective, prin cel de-al doilea sistem de bare colectoare.

Un astfel de sistem izolat este reprezentat în schema din fig. 4, asupra căreia s-a operat un exemplu practic de calcul de disimetrii de tensiuni, în cele ce urmează, în capitolul III al acestui articol. Este ușor de constatat că, în sistemul parțial izolat, considerat în schemă, impedanța homopolară a acestuia se reduce la cea a porțiunii de linie supusă deschiciurării (între a și b în fig. 4, de lungime l_i). Această impedanță reprezintă însă numai o fracțiune din impedanța echivalentă a sistemului, care ar trebui considerată în calcul, dacă toate punctele neutre ale sistemului trifazat ar fi legate direct la pămînt.

În acest mod, în schema considerată, tensiunile de secvență directă U_d și inversă U_i sînt mult mai reduse decît atunci cînd linia respectivă ar funcționa în două faze, cu punctele neutre ale sistemului legate la pămînt, — întrucît aceste tensiuni sînt funcție directă de $\overline{Z}_h$.

În fine, disimetria de tensiune la consumatorii alimentați prin linia arătată, fiind exprimată prin relația :

$$d_u = \frac{\overline{U}_i}{\overline{E} - \overline{U}_d} \cdot 100 \ [\%] \tag{11}$$

în care $\overline{E}$ este tensiunea electromotoare a centralei electrice alimentînd sistemul izolat, — este mult mai mică decît în cazul funcționării liniei în două faze, întrucît atît $\overline{U}_i$, cît și $\overline{U}_d$ au valori mai mici decît în ultimul caz menționat.

2. Dacă s-ar considera o aceeași tensiune de secvență inversă, în cazul schemei examinate, ca în cazul funcționării în două faze, aceasta ar corespunde unei sarcini mai mari transportate în schema considerată, decît în cazul funcționînd în două faze. La aceeași tensiune $\overline{U}_i$ însă, aplicînd relația $\overline{U}_i > \overline{U}_d$, rezultă în relația inversului dezechilibrului :

$$\frac{1}{d_u} = \frac{1}{100} \cdot \frac{\overline{E} - \overline{U}_d}{\overline{U}_i} = \frac{1}{100} \cdot \left(\frac{\overline{E}}{\overline{U}_i} - \frac{\overline{U}_d}{\overline{U}_i} \right). \tag{12}$$

În cazul funcționării în două faze, $\overline{U}_d = \overline{U}_i$ și deci :

$$\frac{1}{d_u} = \frac{1}{100} \cdot \left[\frac{\overline{E}}{\overline{U}_i} - 1 \right]. \tag{12'}$$

În schimb în cazul schemei considerate în prezentul articol, $\frac{\overline{U}_d}{\overline{U}_i} < 1$ și deci, din primul termen al parantezei, în relația (12), se scade o cîtime subunitară, conducînd la o valoare mai mare pentru $\frac{1}{d_u}$. În consecință, disimetria d_u descrește, deși sarcina transportată pe linie este mai mare decît în cazul liniei funcționînd în două faze. Rezultă totodată că disimetria va fi cu atît mai mică, cu cît și porțiunea de linie supusă deschiciurării va fi mai scurtă.

Concluziile teoretice de mai sus conduc la constatarea că, dacă se limitează la strictul necesar lungimea porțiunii supusă topirii chiciurii, la aplicarea metodei tratate în prezentul articol, se poate transporta practic pe linia respectivă sarcina ei normală, fără ca disimetria să fie resimțită de consumatori.

În cele ce urmează, se descrie un exemplu practic, din care rezultă deosebirea între cele două scheme de funcționare examinate, după care se examinează avantajele și dezavantajele metodei de topirea chiciurii, formînd obiectul prezentului articol.

III. Exemplu de calcul de disimetrii de tensiune, în cazul funcționării în două faze a unei linii de 110 kV, în comparație cu cazul funcționării cu schema de topire preconizată

Se ia ca exemplu o linie de 110 kV traversînd o zonă muntoasă, inaccesibilă în timpul iernii, cu pericol de depuneri intense de chiciură, putînd conduce la ruperi de conductoare, cu întreruperi de lungă durată a liniei. Aceasta este racordată la centrala electrică regională C (schema din fig. 4) și prin aceasta, la sistemul energetic național interconectat. După cum rezultă din schema reprezentată în fig. 4, linia menționată alimentează în B o stație de transformare 110/35/6 kV, iar în F o stație de capăt, cu același raport de transformare, linia avînd o lungime totală de circa 140 km. Tot din centrala electrică regională C sînt alimentate în capăt, în derivație sau prin intrare-ieșire,

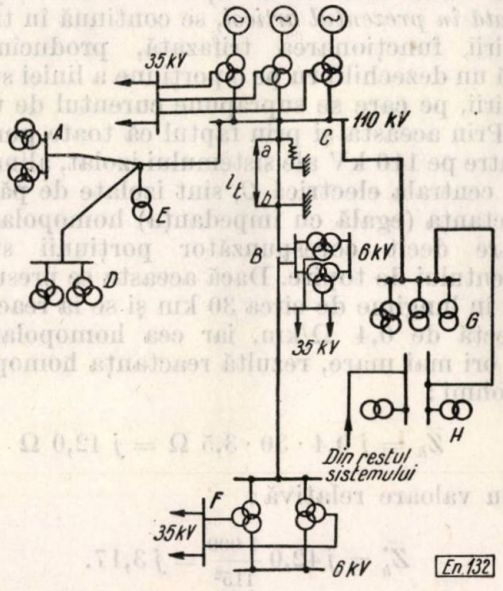


Fig. 4.

stațiile A, D, E și G, — iar în stația H se face legătura cu restul sistemului interconectat. În prezent, în perioadele de depunere de chiciură, linia CB este supusă topirii monofazate a chiciurii, pe fiecare fază în parte, separîndu-se în acest scop, pe rînd fiecare fază de restul circuitului, care funcționează în două faze. Totodată, pe linie se deschiciurează porțiunea ab (circa 30 km), la trecerea prin zona muntoasă. Pentru a nu se depăși, în acest caz, limitele de disime-

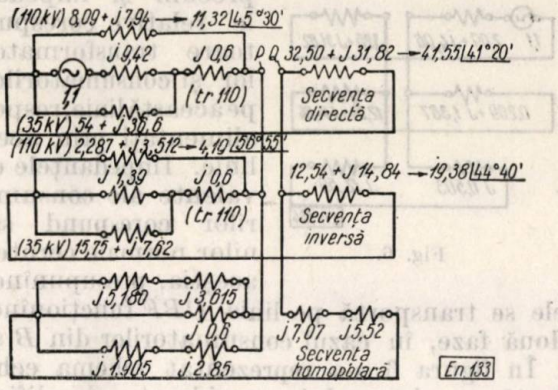


Fig. 5.

trie a tensiunii admisibile, la bornele motoarelor electrice alimentate prin linia considerată, este nevoie de o ușoară limitare a sarcinii consumatorului din B, respectiv de punerea în funcțiune a tuturor motoarelor Diesel, în centrala locală din F.

În cele ce urmează s-a făcut calculul dezechilibrului de curent și al disimetriei de tensiuni, în ipoteza că pe linie se transportă toată sarcina necesară consumatorilor alimentați de ea, fără intervenția surselor locale, dat fiind că linia are suficientă capacitate de transport. Calculul s-a făcut o dată în ipoteza funcționării în două faze cu punctele neutre pe 110 kV ale transformatoarelor din sistemul energetic respectiv legate direct la pămînt, și o dată în ipoteza dezlegării acelorași puncte neutre de la pămînt, curentul de topire fiind suprapus peste cel de sarcină, pe rînd pe fiecare din faze. În cel de-al doilea caz, sistemul energetic cu punctele neutre izolate, cuprinzînd linia studiată, s-a considerat separat de restul sistemului, în punctul de legătură H, prin separarea celor două sisteme de bare colectoare, existente pe 110 kV, — considerîndu-se că H reprezintă totodată un punct limită al alimentării cu energie electrică din centrala regională C. In acest mod, în ambele cazuri considerate, sistemul introdus în calcul are aceleași limite și aceleași sarcini, alimentate din centrala menționată.

In condițiile descrise mai sus și dacă se consideră linia 110 kV funcționînd în două faze, schema echivalentă a sistemului, stabilită în conformitate cu regulile de calcul ale impedanțelor echivalente (B_2) și (B_3), este cea din fig. 5, în care s-au reprezentat :

— în stînga punctelor de rupere P și Q, impedanțele relative corespunzînd liniilor 35 kV din centrala C și consumatorilor respectivi,

— precum și liniilor, transformatoarelor și consumatorilor de pe arterele 110 kV plecînd din centrală, spre A, E, D, H și G;

— în dreapta punctelor de rupere P și Q, impedanțele relative corespunzînd liniei 110 kV CBF, — care funcționează în două faze, — precum și impedanțele relative corespunzătoare transformatoarelor și consumatorilor de pe această linie, respectiv alimentați prin această linie. Impedanțele echivalente ale consumatorilor corespund sarcinilor normale cerute de aceștia, presupunînd că ele se transportă pe linia CBF funcționînd în două faze, în cazul consumatorilor din B și F.

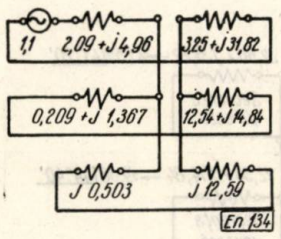


Fig. 6.

În figura 6 s-a reprezentat schema echivalentă a sistemului considerat, simplificată, după reducerea impedanțelor relative ale celor trei secvențe.

Din această schemă simplificată rezultă în primul rînd dezechilibrul de curent la consumatorii din B și F, din relația:

$$d_i = 100\frac{\bar{I}_i^*}{\bar{I}_d^*} = 100\frac{\bar{I}_d^*}{\bar{I}_d^*}\cdot\frac{\bar{Z}_h^*}{\bar{Z}_h^* + \bar{Z}_i^*} =$$

$$= 100\frac{\bar{Z}_h^*}{\bar{Z}_h^* + \bar{Z}_i^*}\ (\%) \qquad (13)$$

Sau, în cazul de față:

$$d_i = 100\cdot\frac{13{,}09}{32{,}25} = 40{,}6\% \qquad (13')$$

valoare foarte mare pentru dezechilibrul de curent admis de maximum 30%. Calculînd curentul direct, vehiculat spre consumatorii din B și F, cu formula:

$$\bar{I}_d^* = \frac{\bar{E}^*}{\bar{Z}_d^* + \dfrac{\bar{Z}_h^*\cdot\bar{Z}_i^*}{\bar{Z}_h^* + \bar{Z}_i^*}} \qquad (14)$$

cu $E^* = 1{,}1|\underline{0°}$, se obține: $\bar{I}_d^* = 0{,}01887|\underline{-50°25'}$, iar curentul direct în generatoare: $\bar{I}_{dg}^* = 0{,}0611$ $|\underline{-81°35'}$ apreciabil mai mare decît $\bar{I}_d^*$, întrucît generatoarele alimentează, în afara consumatorilor din B și F, și pe cei, mult mai importanți, din A, E, D, G și H.

Curentul invers, vehiculat spre consumator, calculat cu relația:

$$\bar{I}_i^* = \bar{I}_d^*\frac{\bar{Z}_h^*}{\bar{Z}_h^* + \bar{Z}_i^*} \qquad (15)$$

rezultă la valoarea $\bar{I}_i^* = 0{,}00771\ |\underline{-26°50'}$ iar în generatoare:

$$\bar{I}_{ig}^* = 0{,}00533\ |\underline{-36°05'},$$

corespunzător curentului circulînd prin derivația respectivă a generatoarelor.

Mai departe, rezultă dezechilibrul de curent în generatoare:

$$d_{ig} = \frac{0{,}00533}{0{,}0611}\cdot 100 = 8{,}73\%$$

valoare foarte mare, deși s-a făcut ipoteza că, pe timpul topirii chiciurii, centrala C funcționează cu toate generatoarele la plină sarcină. În fine, disimetria de tensiune la consumatori se calculează cu relația

$$d_u = 100\cdot\frac{\bar{U}_i^*}{\bar{E}^* - \bar{U}_d^*}\ [\%]. \qquad (16)$$

Efectuînd calculele corespunzătoare acestei relații, în care U_i este căderea de tensiune relativă pe secvența inversă, iar U_d căderea de tensiune pînă la consumatori, pe secvența directă, rezultă:

$$d_u = 19{,}22\%$$

valoare foarte mare, cea admisibilă în practică fiind de maximum 10%.

Cifrele obținute, în cele ce preced, pentru d_i și d_u la consumatori, justifică măsurile arătate mai înainte și care se impun la funcționarea în două faze a liniei 110 kV CBF: reducerea sarcinii în B, prin oprirea tuturor receptoarelor a căror funcționare nu condiționează direct producția și alimentarea unui singur sector din centrul F, restul fiind alimentat din centralele locale.

În cazul metodei de topirea chiciurii, preconizată în prezentul articol, se continuă în timpul topirii funcționarea trifazată, producîndu-se însă un dezechilibru pe o porțiune a liniei supuse topirii, pe care se suprapune curentul de topire I_t. Prin aceasta și prin faptul că toate punctele neutre pe 110 kV ale sistemului izolat, alimentat din centrala electrică C, sînt izolate de pămînt, reactanța (egală cu impedanța) homopolară nu apare decît corespunzător porțiunii supuse curentului de topire. Dacă aceasta se presupune a fi în lungime de circa 30 km și se ia reactanța directă de 0,4 Ω/km, iar cea homopolară de 3,5 ori mai mare, rezultă reactanța homopolară în ohmi:

$$\bar{Z}_h = j\,0{,}4\cdot 30\cdot 3{,}5\ \Omega = j\,42{,}0\ \Omega$$

și în valoare relativă:

$$\bar{Z}_h^* = j\,42{,}0\,\frac{1\,000}{115^2} = j\,3{,}17. \qquad (17)$$

La aceasta se adaugă, conform relației (9') reactanța suplimentară:

$$\bar{Z}_h^* = \bar{Z}_{dt}^*\cdot\frac{\bar{I}_s^*}{\bar{I}_h^*}. \qquad (18)$$

Luînd

$$\bar{Z}^{*}_{dl} = j\,0{,}4 \cdot 30 \cdot \frac{1\,000}{115^2} = j\,0{,}908 \qquad (19)$$

$$I^{*}_{s} = \frac{I_s}{I_b} \text{ cu } I_b = \frac{1000\ \text{MVA}}{1{,}73 \cdot 110\ \text{kV}} \cong 5{,}25\ \text{kA} \qquad (20)$$

și $I_s \cong 130$ A, rezultă :

$$I^{*}_{s} = \frac{130}{5\,250} \cong 0{,}025.$$

În fine :

$$\bar{I}^{*}_{h} = \bar{I}^{*}_{d} \frac{\bar{Z}^{*}_{i}}{\bar{Z}^{*}_{i} + \bar{Z}^{*}_{h}} = 0{,}0122\underline{|-54°35'} \qquad (21)$$

și

$$\bar{Z}^{*}_{h} = \frac{0{,}908\underline{|90°} \cdot 0{,}025\underline{|0°}}{0{,}0122\underline{|-54°55'}} = 1{,}86\underline{|144°35'} \rightarrow$$

$$\rightarrow -\,1{,}515 + j\,1{,}078 \qquad (22)$$

În fine :

$$\bar{Z}_{h\,total} = -\,1{,}515 + j\,1{,}078 + j\,3{,}17 = -$$
$$-\,1{,}515 + j\,4{,}248 \qquad (23)$$

Sau încă :

$$\bar{Z}^{*}_{h\,total} = 4{,}52\,\underline{|70°} \qquad (23')$$

Rezultă și în acest caz dezechilibrul de curent la consumatori, conform relației (13) :

$$d_i = 100\,\frac{\bar{Z}^{*}_{h\,total}}{\bar{Z}^{*}_{h\,total} + \bar{Z}_i}\ (\%)$$

sau

$$d_i = 100\,\frac{4{,}52}{24{,}95} \cong 18\,\% \qquad (24)$$

adică de circa 2,26 ori mai mic decît în cazul funcționării liniei în două faze.

În mod analog, se calculează curentul direct, vehiculat spre consumatori :

$$\bar{I}^{*}_{d} = 0{,}02035\,\underline{|-48°05'} \qquad (25)$$

și curentul direct în generatoare :

$$\bar{I}^{*}_{dg} = 0{,}05785\,\underline{|-70°30'}$$

Curentul invers, vehiculat spre consumator, calculat cu relația (15) rezultă la valoarea :

$$\bar{I}^{*}_{i} = 0{,}00241\,\underline{|-44°}$$

Dezechilibrul de curent în generator rezultă la

$$d_{ig} = \frac{0{,}00241}{0{,}05785} \cdot 100 = 3{,}51\,\%$$

valoare admisibilă, cea maximă fiind în acest caz circa 5%. Calculînd și în acest caz disimetria de tensiune, ce rezultă la valoarea

$$d_u = 8{,}32\,\%$$

sub limita admisibilă de 10%, care se suportă de motoarele electrice în funcționare de regim, fără încălziri exagerate, motoarele putînd totodată reporni, în caz de oprire a lor în regim disimetric.

În concluzie, rezultă, din exemplul de calcul real, expus mai sus, că utilizînd metoda de topire electrică a chiciurii cu încălzirea succesivă a fazelor, în funcționare trifazată a liniei, cu condiția desfacerii legăturilor de la pămînt ale punctelor neutre din circuitul respectiv de 110 kV, se poate transporta sarcina normală pe linie, în condiții acceptabile. Acest lucru nu este posibil în cazul separării fazei pe care se topește chiciura, restul liniei funcționînd în două faze; într-adevăr, exemplul de calcul arată că în acest caz se obțin la consumatori disimetrii de tensiune inadmisibile.

IV. Analiza critică a metodei de deschiciurare pe fază, în sisteme trifazate cu neutrul dezlegat de la pămînt. Modalități de utilizare

Pe lîngă avantajele arătate mai sus, metoda citată are și dezavantaje,care se analizează în cele de mai jos, simultan cu condițiile de utilizare a metodei, în diferite cazuri practice :

1. În funcționare normală, sistemul de 110 kV are puncte neutre legate direct la pămînt, la majoritatea transformatoarelor montate în acest sistem. Pentru a se trece la montajul de topire, cu punctele neutre izolate, este deci nevoie să se întrerupă, în toate punctele respective, legătura directă a neutrelor cu pămîntul și totodată să se execute manevrele de separare a sistemului local, căruia i se aplică această schemă, de restul sistemului interconectat. Aceste manevre fie de întreruptoare (pentru separarea de restul sistemului, sau la cuplaje de bare duble), fie de separatoare (la desfacerea legăturilor la pămînt și la trecerea liniilor de pe un sistem de bare pe altul), se comandă din punctul central de control al liniei și determină timpi morți, în dauna timpului util pentru deschiciurare. Acești timpi pot să depășească pe cei necesari separării fiecărei faze, la metoda topirii monofazate a chiciurii, cu restul liniei funcționînd în două faze.

2. Literatura tehnică sovietică recomandă ca metoda deschiciurării cu neutrul izolat să se aplice pe linii cuprinse între cîte două stații de transformare, avînd fiecare cîte două sisteme de bare la 110 kV și cel puțin cîte două transformatoare în fiecare stație. Cu aceasta se obțin următoarele :

a) Toate legăturile, de la transformatorul de topire la linia tratată și la pămînt, precum și trecerile legăturii de pe o fază pe alta, respectiv la pămînt, se execută pe sistemul de bare colectoare de rezervă, scoase de sub tensiune. După aceasta, punerea sub curent a fiecărei faze se face prin închiderea întreruptorului de

cuplă între bare, respectiv a întreruptorului transformatorului de alimentare (de topire), fără a perturba funcționarea liniei tratate.

b) În stațiile cu două transformatoare, unul din acestea se utilizează pentru alimentarea dispozitivului de topire, rămînînd cel de-al doilea pentru alimentarea liniilor legate în stații. În acest caz însă se presupune că fiecare transformator este dimensionat pentru a da singur întreaga putere cerută, căci în cazul contrar se pierde avantajul metodei, constînd în alimentarea fără întrerupere și cu puterea normal cerută a consumatorilor, pe timpul topirii chiciurii. Dacă la ambele capete ale liniei în cauză există stații cu cîte două transformatoare, se poate utiliza cîte un transformator din fiecare stație în scopuri de topire, legîndu-se înfășurările de joasă tensiune ale acestora în serie cu faza de deschiciurat, așa cum se arată în fig. 7. După experiența obținută cu operațiile de topire în U.R.S.S., pentru a se obține un curent de topire suficient pentru deschiciurarea unei faze, pe circa 30 km lungime de linie între stații, este suficientă o tensiune de 6 kV, aplicată pe rînd, între fiecare fază și pămînt. Pentru o lungime de linie de 60 km între stații, va fi nevoie în consecință de o tensiune de 12 kV, care se obține legînd în serie înfășurările de 6 kV ale celor două transformatoare la capetele liniei, ca în fig. 7.

În cazul cînd se deschiciurează o linie de 120 km lungime între stații, ar fi nevoie de o tensiune de cel puțin 24 kV, pentru care ar trebui legate în serie patru înfășurări de 6 kV ale transformatoarelor de alimentare, cîte două în fiecare stație. O asemenea situație nu este însă realizabilă în practică, conducînd la necesitatea existenței unor stații cu cîte trei transformatoare fiecare, din care ar rămîne numai cîte unul în funcțiune, făcîndu-se în mod necesar limitări la consumatori. De aceea, în asemenea cazuri se utilizează, pentru alimentarea schemei de topire, tensiunea de 35 kV, reprezentînd tensiunea medie, la majoritatea transformatoarelor mari din stațiile scoborîtoare de tensiune, atît în Uniunea Sovietică, cît și la noi în țară.

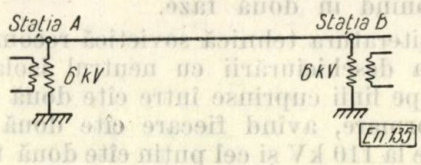


Fig. 7.

3. Se poate pune problema ca topirea chiciurii să se execute între două stații prevăzute cu bare simple, — de tipul arătat în schema *A* din fig. 8. În acest caz, dacă transformatoarele de topire din cele două stații se leagă în serie pe partea lor de 6 kV, prin linia de deschiciurat, se utilizează pentru manevre chiar întreruptoarele lor de 6 kV, după prealabila separare de barele colectoare de aceeași tensiune. Totodată, în stație trebuie să existe un grup de trei separatoare monopolare, prin care se leagă la linie o bornă a înfășurării 6 kV de alimentare, — o alta fiind legată la pămînt, conform figurii 8 A.

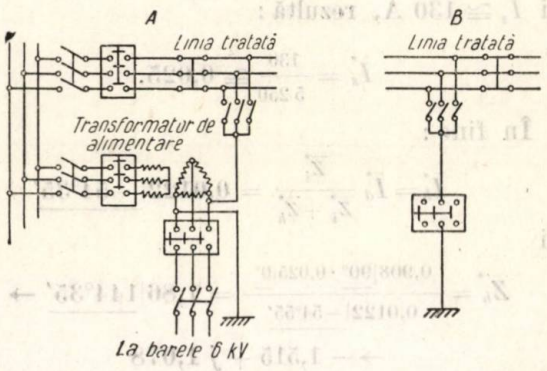


Fig. 8.

Dacă însă nu se utilizează decît un singur transformator de alimentare, într-o stație de tip *A*, în cea de-a doua stație, fără alimentare, se realizează o legare la pămînt înaintea separatorului de linie, utilizîndu-se în acest caz un întreruptor separat pentru manevre (schema *B* din fig. 8).

4. Cînd nu există posibilitatea de a se utiliza pentru alimentarea deschiciurării unul din trausformatoarele stației de alimentare, — dar menținerea în funcțiune a liniei prezintă o importanță deosebită — se justifică montarea, în stația citată, a unui transformator special de deschiciurare, a cărui funcționare se reduce de regulă la o durată foarte scurtă (cîteva zeci de ore pe an).

5. Pe timpul topirii chiciurii, trebuie scoase din funcțiune releele de protecție homopolară, iar releele maximale și de distanță trebuie astfel reglate, încît să determine deconectarea tripolară a liniei, în cazul în care curentul pe una din faze depășește curentul de topire.

6. Prin însăși schema utilizată în metoda cu neutrul izolat, se leagă o înfășurare de 6 kV între o fază a unei linii de 110 kV în funcțiune și pămînt; și cu toată căderea de tensiune apreciabilă, care se produce în punctul de legătură al înfășurării la linie, există următoarele riscuri:

— de străpungere a izolației înfășurării 6 kV în momentul legării;

— de încălzire suplimentară a înfășurării, prin curentul capacitiv al liniei.

De aceea literatura tehnică sovietică [1] recomandă ca, în prealabil legării la linie a transformatorului de alimentare, să se lege pentru scurt timp faza respectivă direct la pămînt. De asemenea, va trebui să se țină seama de curentul capacitiv al liniei 110 kV (datorit fazelor netratate), la determinarea

curentului în înfășurarea de alimentare a transformatorului de topire.

Prima condiție impune în orice caz prezența unui dispozitiv de tipul *B* (fig. 8), în stațiile cu bare simple, chiar cînd se utilizează două transformatoare de topire în serie.

7. În fine, metoda descrisă păstrează inconvenientul principal al deschiciurării pe fază, în ceea ce privește durata mare a topirii chiciurii, consecutiv pe cele trei faze.Într-adevăr, topirea chiciurii pe o fază, inclusiv timpul necesar pentru manevră, necesită de regulă o durată de cel puțin o oră, în care, în condițiile climatice de la noi, se pot produce depuneri inadmisibile de chiciură pe conductori, pe cele două faze nesupuse simultan topirii.

Cu toate aceste inconveniente, metoda rămîne recomandabilă pentru linii 110 kV radiale și alimentînd consumatori care nu admit întreruperi, și deci este indicat a se încerca și la noi în țară în asemenea cazuri, cînd cu cheltuieli de investiție reduse, se poate obține o funcționare permanentă, în condiții normale, a consumatorilor racordați.

Bibliografie

[1] Kazak, N. A.: *Topirea chiciurii pe conductorii activi și de protecție ai liniilor de transport de energie* 110 kV (în limba rusă). Elektriceskie Stanții nr. 2, 1957, pag. 71.

[2] Rădulescu V.: *Funcționarea în două faze a liniilor de transport de energie electrică, cu neutrul legat direct la pămînt.* Energetica nr. 6, 1960, pag. 244—253.

[3] Rădulescu V. și Feldman St.: *Funcționarea în două faze a liniilor electrice aeriene, cu tensiuni de* 110 kV *și mai mult, cu neutrul legat direct la pămînt. Exemple de calcul și rezultate experimentale.* Energetica nr. 10, 1960, pag. 427—441.

[4] Tuschak, R.: *Capacitatea de încărcare a motoarelor electrice asincrone, alimentate prin tensiuni trifazate asimetrice.* Revista „Elektrotehnika" R.P.U. (în limba maghiară) nr. 1/1953.

[5] Stier F.: *Die elektrische Maschine am unsymmetrischen Netz* (*Mașina electrică în rețele nesimetrice*). Elektrotehnische Zeitschrift A, nr. 19/1953, pag. 564.

[6] Clarke Edith: *Analysis of the A. C. Systems* (*Analiza sistemelor de curent alternativ*). New York, 1954.

Contribuția I.R.M.E.* la realizarea și dezvoltarea telecomunicațiilor prin curenți purtători în instalațiile energetice din R.P.R.

Ing. V. VLĂDEANU

IRME

I. Generalități

Sistemele energetice moderne, compuse din centrale și stații electrice de puteri mari precum și linii de transport, se întind pe suprafețe de zeci și sute de mii de kilometri pătrați. Ele nu pot funcționa în condiții bune decît dacă între stațiile și centralele electrice compunînd sistemul energetic există legături de telecomunicații sigure. Aceasta se impune deoarece prin specificul său, energia electrică putînd să varieze în cîteva fracțiuni de secundă în limite foarte largi, există adesea ocazii cînd situația unui consumator sau a unei regiuni industriale poate fi salvată printr-o dispoziție dată cu cîteva secunde mai devreme. Pe măsură ce sistemul energetic se dezvoltă, el va necesita pe lîngă extinderea rețelei de telecomunicații, și o întărire a acesteia, realizîndu-se de exemplu cu punctele mai importante legături pe trasee diferite.

Telecomunicațiile în sistemele energetice din țara noastră se pot clasifica în:

I. Telecomunicații cu fir.

II. Telecomunicații fără fir.

Telecomunicațiile cu fir constituie baza telecomunicațiilor în sistemele energetice, ele realizîndu-se:

a) Prin linii proprietate a întreprinderilor de electricitate, special construite, fie paralel cu traseul liniei de I. T. (cazul liniilor de 110 kV), fie pe traseu comun (linii pînă la 20 kV). Aceste linii dau rezultate economice numai pe distanțe scurte (pînă 10 — 30 km). La distanțe mari, soluția este costisitoare: ca investiții, ca întreținere, la care se adaugă nesiguranța mecanică (la chiciură, furtuni), liniile acestea fiind de obicei puțin rezistente.

b) Prin circuite telefonice proprietate a altor departamente — în cele mai multe cazuri D.P.T. Deși aspectul întreținerii este oarecum rezolvat (întreținerea efectuîndu-se de către personalul acestor departamente), totuși pentru întreprinderile de electricitate, legăturile acestora reprezintă soluții economice scumpe peste care se adaugă faptul că în cazuri de avarii, legăturile de mare distanță (realizate prin sisteme de curenți purtători) se refac (prin pornirea grupurilor de rezervă) după 5 — 8 minute, un interval de timp mult prea lung pentru nevoile sistemului energetic.

c) Prin legături în curenți purtători folosind pentru transmisie conductorul liniei de înaltă tensiune așa-numitele telecomunicații de înaltă frecvență.

În ultimii ani a început să se extindă intens întrebuințarea acestui sistem de telecomunicații, datorită avantajelor importante pe care le prezintă: sînt mult mai sigure din punct de vedere mecanic (siguranța egală cu a liniilor de înaltă tensiune) și oferă comunicații la

* Întreprinderea pentru modernizarea și raționalizarea instalațiilor energetice.

nivel acustic satisfăcător chiar la distanțe de sute de kilometri. Din punct de vedere economic acest sistem de telecomunicații este necesare legăturilor de telecomunicații prin curenți purtători, exceptînd cablul de *I.F.* precum și condensatorii de cuplaj.

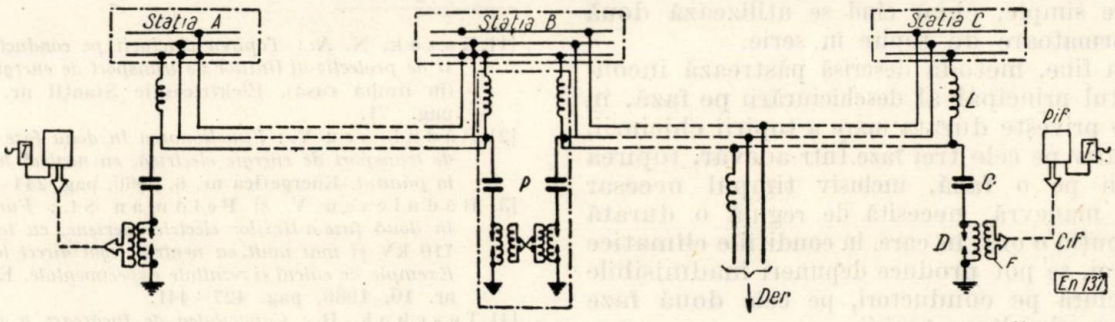


Fig. 1.

T. Post telefonic de abonat.

Pif. Post de telefonie prin curenți purtători (de obicei se prezintă sub forma unui aparataj electronic așezat într-un dulap metalic).

Cif. Cablu de înaltă frecvență, de construcție specială pentru frecvențele de comunicație, cu impedanța caracteristică de obicei cca. 120 ohmi. Efectuează legătura între postul de telefonie prin curenți purtători (așezat în una din încăperile stației de conexiuni) și elementele de cuplaj la linie (așezate în stație).

F. Filtrul de cuplaj : dispozitiv de transformare servind pentru adaptarea impedanței cablului de înaltă frecvență, la impedanța caracteristică a liniei de înaltă tensiune (pentru transmisia în sistemul fază—pămînt) în cazul din figură, impedanța caracteristică a liniei este de 300—400 ohmi.

D. Descărcător servind pentru protecția filtrului de cuplaj și a cablului de *I.F.* în caz de supratensiune la bornele primului (în multe cazuri, aceasta este inclus în cutia filtrului de cuplaj).

C. Condensator de cuplaj la linie cu capacitate de 2 000—8 000 pF ; tensiunea pentru care se dimensionează este de obicei de 2,5 ori tensiunea între faze a liniei.

M. Bobină de blocaj : servește la oprirea semnalelor de *I.F.* de a se scurge la pămînt prin capacitatea stației permițînd realizarea legăturilor cu aparataj de puteri mici (de ordinul Wații).

P. Punte de *I.F.* : instalație cu ajutorul căreia semnalele de *I.F.* ocolesc stațiile intermediare. Din aceasta se reduc pierderile de transmisie, iar legătura telefonică este independentă de comutațiile care se efectuează în stație (conectori, deconectori, puneri la pămînt ale liniilor).

Der. Derivație din linia de *I.T.* echipată cu bobina de blocaj pentru a împiedica răspîndirea inutilă a semnalului de înaltă frecvență.

mai avantajos (în raport cu celelalte) pentru lungimi de legături peste 20 km.

Telecomunicațiile din a doua categorie au fost introduse în urmă cu cca. 4 ani. Sînt folosite sporadic, în special la lichidarea deranjamentelor în rețele. În acest scop se întrebuințează aparataj de emisie — recepție pe unde ultrascurte (70 — 80 MHz) cu rază de acțiune maximum 30 km.

Legăturile de telecomunicații prin curenți purtători pe liniile de înaltă tensiune folosesc de obicei spectrul de frecvențe 50 — 300 kHz din care (în sistemele noastre energetice) 50 — — 150 kHz pentru telefonie, iar 150—300 kHz pentru telemecanică.

Frecvențele utilizate făcînd parte din categoria radiofrecvențelor, aparatura va fi bazată pe principiul radiocomunicațiilor. Se utilizează pentru o legătură telefonică două frecvențe : una pentru semnalul emis și alta pentru cel recepționat, asigurîndu-se astfel o legătură bilaterală (duplex) simultană.

Schema unei instalații de telefonie prin curenți purtători este cea din figura 1.

Întreprinderea pentru modernizarea și raționalizarea instalațiilor energetice a asimilat pînă în prezent în producția sa elementele

II. Posturi de telefonie prin curenți purtători de înaltă frevență

Posturile de telefonie fabricate pînă în prezent de către I.R.M.E. au schema bloc simplificată ca cea din fig. 2.

Primul tip de aparat fabricat imediat după înființarea întreprinderii a fost echipamentul de telefonie tip bandă laterală dublă (*BLD*).

Acest aparat se distinge prin aceea că folosește sistemul de modulație în amplitudine transmițînd în linie semnalul purtător de înaltă frecvență cu cele două benzi de frecvență alăturate, $F + f$ (F = frecvența purtătoare 50—300 kHz, f = frecvența vocală care rezultă din modularea semnalului de *I.F*).

Schema bloc a aparatului este cea din fig. 3.

S-a ales soluția frecvențelor „fixe", în sensul că receptorul și emițătorul au cîte o singură frecvență fixă de funcționare.

Acest lucru mărește siguranța de funcționare a aparaturii (reducînd la minimum numărul elementelor de comutație), simplificînd totodată procesul tehnologic de fabricație. Totodată se realizează în mod mai economic repar-

tiția frecvențelor în rețea : o frecvență se va repartiza la distanțe relativ reduse, 100—200km.

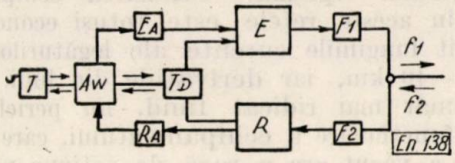


Fig. 2.

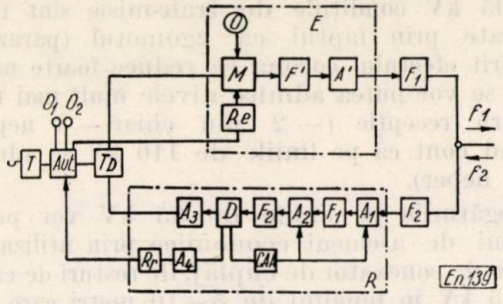


Fig. 3.

T. Telefon abonat
A. Dispozitiv pentru conectarea și deconectarea automată a legăturii telefonice.
E. Emițător înaltă frecvență.
R. Receptor înaltă frecvență.
Td. Transformator diferențial (împiedică intrarea în emițător a semnalelor sosite din receptor, le canalizează pe acestea numai spre linia telefonică).
Ea. Dispozitiv de emisie a semnalelor de apel.
Ra. Dispozitiv de selectare a semnalelor de apel.
F1. Filtrul de bandă al emițătorului.
F2 Filtrul de bandă al receptorului.
f1.f2. Semnalele emise și recepționate pe frecvențe diferite.

Prin aceasta aparatele tip BLD se pretează la utilizarea în rețelele de dispecer fie în sistem radial (fig. 4), fie în sistem lanț (fig. 5).

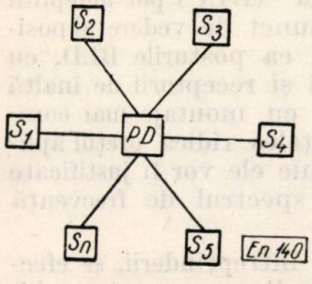


Fig. 4. *P.D.*=post telefonic deservind punctul de dispecing;
$S_1 \ldots S_n$ = stații de conexiuni (centrale electrice comandate).

În sistemul radial dispecerul poate comunica cu oricare din stațiile subordonate, iar stațiile între ele nu pot comunica (emițătorii avînd aceeași frecvență).

Acest sistem de comunicație este indicat a se folosi în rețelele de dispecer regional, unde distanțele între punctul de dispecer și stațiile subordonate nu depășesc 100 km (cu 1—2 punți de ocolire — vezi fig. 1).

În cazurile cînd este necesar a se realiza legături îndepărtate (peste 100 km sau legături cu multe punți de ocolire), se recomandă utilizarea legăturilor telefonice sistem „lanț". În acest caz (fig. 5), legătura se împarte într-o serie de tronsoane (alese ca lungime la limita economică de funcționare a aparaturii). Aceste tronsoane vor fi deservite de echipamente (grupe de cîte două posturi BLD lucrînd pe aceeași frecvență în legătură duplex), pe grupe diferite de frecvențe, folosindu-se sistemul retransmiterii în joasă frecvență pe sistemul celor „4 fire". Emițătorii și receptorii se deconectează de pe transformatorii diferențiali și se conectează direct, folo-

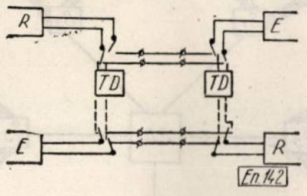


Fig. 5.

P.D. = post telefonic deservind punctul de dispecing;
$S_1' S_2' S_3'$ = posturi telefonice de sosire dinspre dispecing.
$S_1' - S_3'$
$S_1 S_2 S_3$ = posturi telefonice de plecare.
$S_1 S_2 S_3$

sind pentru cele două sensuri de transmiteri cîte o pereche de fire.

Apelul posturilor se face prin selecție cu disc, ceea ce corespunde la întreruperea semnalului purtător, creînd astfel impulsuri rectangulare de înaltă frecvență. Aceste impulsuri sosind în receptor fac să se rotească un selector cu zece pași, corespunzător numărului format. Postul conexat la numărul respectiv acționează soneria de apel a abonatului.

Dacă dispecerul se află în convorbire cu unul din posturile comandate (fig. 4), oricare

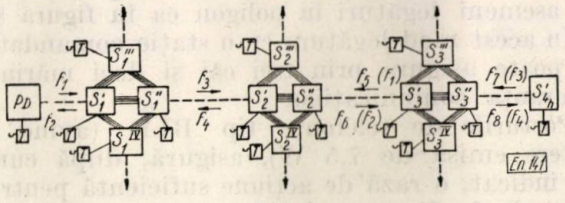


Fig. 6.

din celelalte posturi ridicînd receptorul va primi ton de ocupat.

Automatul este de asemenea astfel conceput, încît dacă doi abonați ai aceluiași tronson (fig. 5) ridică simultan receptoarele, ei pot vorbi fără a fi nevoie să formeze vreun număr. Același

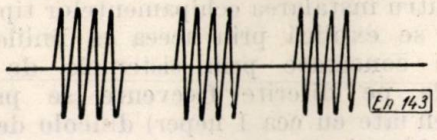


Fig. 7.

lucru se întîmplă și atunci cînd unul din ei a început formarea numărului. Această proprietate este utilă în special în timpul avariilor, permițînd comunicația chiar dacă abonații nu au fost chemați. De asemeni în cazul că linia s-a întrerupt pentru un timp oarecare

(de ex. printr-un trăznet sau un scurtcircuit), automatele nu deconectează abonații, aceștia putîndu-și ulterior continua convorbirea.

În cazul legăturilor „lanț", legătura telefonică cu abonatul postului de „sosire", precum

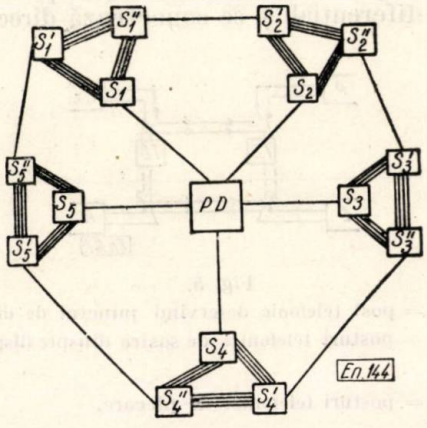


Fig. 8.

și cea de retransmitere pe 4 fire cu posturile îndepărtate, se obține automat, formînd numai diferite numere la disc. În ultimul caz după formarea primei cifre se aude în telefon tonul tronsonului următor, permițînd alegerea (cu o nouă cifră) a postului următor. Deci pentru străbaterea a n tronsoane, va trebui format un număr cu n cifre. Evident, asemenea legături vor fi corespunzătoare pentru punctele de dispecer regionale, unde o legătură telefonică nu depășește trei tronsoane. Se pot realiza de asemeni legături în poligon ca în figura 8.

În acest mod legătura cu o stație comandată se poate asigura prin trei căi și deci mărind siguranța comunicațiilor.

Posturile de telefonie tip BLD (avînd o putere emisă de 7,5 W), asigură, după cum s-a indicat, o rază de acțiune suficientă pentru punctele de dispecer regionale, o inteligibilitate mulțumitoare (distorsiuni sub 5%).

Datorită faptului că interconexiunea sistemelor energetice ale țării se efectuează în prezent prin linii de 110 kV, conectate la sisteme de bare comune în stații, iar numărul de legături de telecomunicații necesare este foarte mare, apar dificultăți din ce în ce mai mari pentru instalarea echipamentelor tip BLD. Aceasta se explică prin aceea că liniile fiind galvanic conectate prin sistemele de bare, semnalele pe diferite frecvențe se propagă (deși atenuate cu cca 1 neper) dincolo de bobinele de blocaj, în aceste linii „infectînd" cu înaltă frecvență restul rețelei și făcînd deci imposibilă repetarea frecvențelor la distanțe sub 200 km.

Așadar, echipamentele BLD se vor utiliza fie în zone periferice ale rețelei de 110 kV (unde numărul legăturilor fiind redus și spectrul de frecvențe descongestionat) sau în rețelele de 35 kV și 60 kV care constituie sisteme energetice reduse ca suprafețe numai la zona dispecerului regional. Utilizarea echipamentelor în aceste rețele este totuși economică, întrucît lungimile curente ale legăturilor sînt de 20—40 km, iar derivațiile din linii, chiar în număr mai ridicat fiind, nu periclitează buna funcționare a echipamentului, care după cum s-a văzut are o rază de acțiune pe linii de 110 kV peste 150 km. În cazul liniilor de 35 kV condițiile de transmisie sînt mult ușurate prin faptul că zgomotul (paraziții) datorit efectului corona se reduce foarte mult, deci se vor putea admite nivele mult mai mici pentru recepție (— 2 sau chiar — 3 neperi, ținînd cont că pe liniile de 110 kV se admite — 1 neper).

Legăturile pe liniile de 35 kV vor putea deveni de asemeni economice prin utilizarea, în loc de conexator de cuplaj, de resturi de cable de 35 kV în lungimi de 5—10 metri care vor putea fi astfel valorificate.

Din acest motiv (ocuparea spectrului de frecvență disponibil de către multe echipamente), IRME a trecut la elaborarea unui nou tip de aparat pentru telefonia prin curenți purtători, caracterizat prin aceea că pe linie se transmite numai una din cele 2 benzi obținute prin modulație (adică numai $F + f$ sau $F - f$) iar semnalul purtător atenuat cu cca. 1 neper. În acest fel spectrul de frecvențe emise se reduce la jumătate, iar în aceeași regiune se va putea instala un număr dublu de echipamente, realizîndu-se tot atîtea legături telefonice.

Posturile de telefonie de acest tip denumite cu „bandă laterală unică" (BLU) pot îndeplini aceleași funcțiuni din punct de vedere al posibilităților de conexiuni, ca posturile BLD, cu deosebirea că emițătorii și receptorii de înaltă frecvență sînt realizați cu montaje mai complicate. Aceasta bineînțeles ridică prețul aparatelor, astfel că economic ele vor fi justificate numai în locurile unde spectrul de frecvență disponibil este limitat.

În prezent, în cadrul întreprinderii, se efectuează studii pentru ameliorarea acestor echipamente în sensul de a se obține posibilitatea ca cele două benzi — emisă și recepționată — să fie alăturate, iar legăturile „lanț" avînd un număr de 5—7 tronsoane să se obțină într-un timp egal cu legătura pe un singur tronson (prin numere compuse numai din 2 cifre).

III. Posturi de telemecanică prin curenți purtători de înaltă frecvență

Aceste posturi servesc transmiterii semnalelor necesare telemecanizării stațiilor (sau centralelor electrice). Ele permit transmiterea simultană de mai multe semnale pe

principiul impulsurilor. Selecția acestor semnale simultane se face prin folosirea pentru fiecare din acestea a unei frecvențe joase în spectrul 300—2100 Hz. Schema bloc a unui astfel de echipament este cea din figura 9.

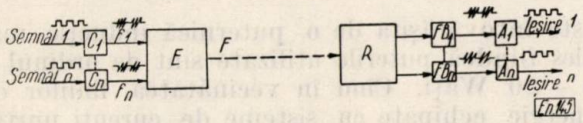


Fig. 9.

$C_1 \ldots C_n$ generatori — amplificatori de audiofrecvență
E — emițător de radiofrecvență.
R — receptor de radiofrecvență
$FB_1 \ldots FB_n$ — filtre de bandă de audiofrecvență
$A_1 - A_n$ — amplificatori — detectori — limitatori.
F — semnalul de frecvență purtătoare.
$f_1 \ldots f_n$ — semnale de audiofrecvență.

După cum se vede din schemă, semnalele rectangulare sosite de la traductor de telemăsură sau echipamente de telemecanică cu relee, sînt transformate cu ajutorul generatorilor — amplificatori de audiofrecvență în impulsuri trapezoidale de frecvență audio. Acestea modulează un emițător analog celui al posturilor de telefonie tip BLD (fig. 3). La recepție, cu ajutorul filtrelor de bandă de audiofrecvență sînt separate semnalele de audiofrecvență și apoi transformate cu ajutorul amplificatorilor — detectori — limitatori, în impulsuri rectangulare și trimise elementelor respective de automatizare.

Cu asemenea aparataj s-au realizat instalațiile de telecomandă a unor hidrogeneratoare de la distanțe de zeci de kilometri. S-au utilizat două echipamente de acest gen conectate ca în fig. 10.

Echipamentul de telemecanică descris este în măsură a acoperi distanțe peste 100 km

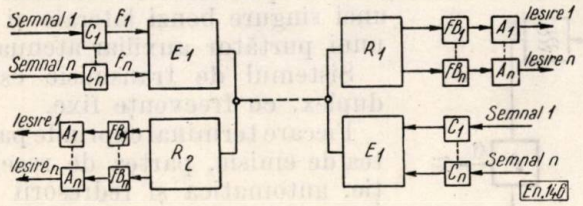


Fig. 10.

Echipamentul *1*: telecomandă rapidă (1 canal) și telecomandă prin echipament cu selectori (1 canal).

Echipamentul *2*: telemăsură la cerere (1 canal) și telesemnalizare (1 canal).

cu bandă de $\pm$ 2,5 kHz. Numărul maxim de canale pentru o funcționare sigură este de 4, iar frecvența impulsurilor 0—25 imp./s.

În prezent în cadrul întreprinderii se studiază construcția de noi echipamente permițînd un număr maxim de 15 canale într-o bandă de 3 kHz, cu aceeași rază de acțiune.

IV. Filtre de cuplaj

Pentru a acoperi nevoile sistemelor energetice în ceea ce privește echiparea liniilor pentru o înaltă frecvență, IRME a elaborat și produs pînă în prezent filtre de 400/100 ohmi, pentru cuplaj fază — pămînt. Acestea permit (din punct de vedere al puterii semnalului de înaltă frecvență transmis) conectarea în paralel a 2 posturi de telecomunicații (cu puteri de 7,5 — — 10 W) pe aceleași elemente de cuplaj, avînd inclus și descărcătorul de protecție. De asemeni există posibilitatea ca aceste filtre să fie adaptate pentru condensatori de cuplaj de 2 000 — 800 pF și frecvențe de 50 — 300 kHz.

V. Bobine de blocaj

Lucrînd în colaborare cu întreprinderea „Energoreparații", IRME a contribuit la echiparea liniilor de transport pentru canale de înaltă frecvență și prin construirea în anul 1960 a unei serii de bobine de blocaj.

Pentru început, au fost realizate bobine de blocaj de 600 A și solicitare termică cca. 25 kA. S-au construit bobine biundă cu schema clasică din fig. 11. Datorită inductanței sporite alese pentru bobina de curent tare (300 μH), s-a reușit a se obține impedanțe de rezonanță peste 5 000 ohmi chiar la frecvențe relativ scăzute.

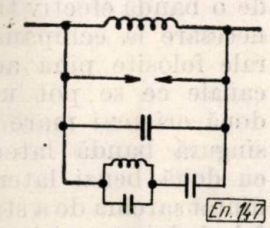


Fig. 11.

Un alt avantaj al acestei inductanțe ridicate a fost acela că s-a reușit a se obține prin suplimentarea elementelor de acord, bobina cu 4 frecvențe de rezonanță, dînd astfel posibilitatea utilizării unei singure bobine pentru 2 legături de telecomunicații prin curenți purtători prin aceleași elemente de cuplaj.

În prezent se efectuează în întreprindere studii pentru realizarea de bobine care să ofere blocaj într-un spectru larg de bandă de ordinul a 100 — 150 kHz, mărind astfel numărul de comunicații protejate de o singură bobină de blocaj.

Din cele de mai sus se poate constata că IRME, deși o întreprindere tînără, se prezintă cu o serie de realizări care, dezvoltate, vor contribui în mare măsură la echiparea sistemelor energetice cu aparataj de cea mai înaltă tehnicitate.

Echipament de telefonie cu curenţi purtători pe linii de înaltă tensiune, cu bandă laterală unică

Ing. *MIHAI POPESCU*
I.R.M.E.

Transmisia convorbirilor teleefonice şi a semnalelor necesare pe liniile electrice de înaltă tensiune ale sistemului energetic se dezvoltă repede la noi în ţară şi creează probleme de rezolvat dificile.

Asigurarea legăturilor telefonice utilizînd liniile electrice cu tensiuni de 110 kV are nevoie de echipamente telefonice de construcţie specială cu o cale de convorbire, comunicaţia fiind de obicei bilaterală (duplex).

Problema principală este că într-un sistem energetic bine determinat banda utilizată a frecvenţelor este limitată între aproximativ 50 şi 300 kHz şi aceleaşi frecvenţe pot fi repetate numai dacă între circuitele respective este asigurată o atenuare mare, ce corespunde practic la o distanţă minimă între legături de ordinul a 300—400 km.

Numărul maxim de echipamente ce pot fi utilizate este determinat de banda transmisă pe circuitul de înaltă frecvenţă. La aceeaşi cantitate de informaţie transmisă, echipamentele cu o singură bandă laterală au nevoie de o bandă efectiv transmisă pe jumătatea celei necesare la echipamentele cu două benzi laterale folosite pînă acum. Numărul maxim de canale ce se pot utiliza practic este deci de două ori mai mare folosind echipamente cu o singură bandă laterală decît cu echipamente cu două benzi laterale. Autorului i s-a încredinţat sarcina de a studia şi proiecta un terminal folosind transmisia unei singure benzi laterale.

Transmisia curenţilor purtători pe liniile electrice aeriene, care se face obişnuit la noi în ţară pe o fază cu întoarcerea prin pămînt, este întovărăşită de o puternică inducţie mai ales fiindcă puterile utilizate sînt de ordinul a 5 — 20 Waţi. Cînd în vecinătatea liniilor de energie echipate cu sisteme de curenţi purtători sînt alte linii prevăzute cu circuite cu curenţi purtători, spre exemplu circuite telefonice, este nevoie să se întrebuinţeze frecvenţele şi nivelele avînd în vedere aceşti factori, ceea ce poate duce la micşorarea benzii de frecvenţe utilizabile, deci a numărului de posturi ce se pot utiliza practic. La folosirea sistemelor cu o singură bandă laterală, diafonia datorită inducţiei este ceva mai favorabilă datorită faptului că purtătorul auxiliar efectiv transmis în timpul comunicaţiei are o putere de cel puţin 5 ori mai mică decît puterea totală.

Cu circuite electrice asemănătoare, puterea maximă utilă şi randamentul amplificatorilor finali la sistemul cu o singură bandă laterală sînt mai mari datorită absenţei purtătoarei.

Zgomotul termic şi cel datorit efectului Corona produce o tensiune de zgomot echivalentă mai mică la sistemele cu o singură bandă laterală decît la sistemele cu două benzi cu aproximativ 6 decibeli.

Caracteristicile principale arătate mai sus sînt favorabile sistemelor de curenţi purtători cu o singură bandă laterală şi în majoritatea ţărilor aceste sisteme înlocuiesc treptat vechile sisteme cu modulaţie de amplitudine cu două benzi laterale.

1. Descrierea echipamentului

Echipamentul de telecomunicaţii studiat foloseşte modulaţia de amplitudine cu transmisia unei singure benzi laterale şi a unui purtător auxiliar atenuat.

Sistemul de transmisie este duplex, cu frecvenţe fixe.

Fiecare terminal cuprinde partea de emisie, partea de recepţie, automatica şi redresorii şi este echipat cu un telefon de tip normal. Părţile de automatică şi redresorii sînt de tipuri utilizate şi la fabricaţia echipamentelor cu două benzi laterale produse de întreprinderea IRME, astfel că nu vor fi descrise aci.

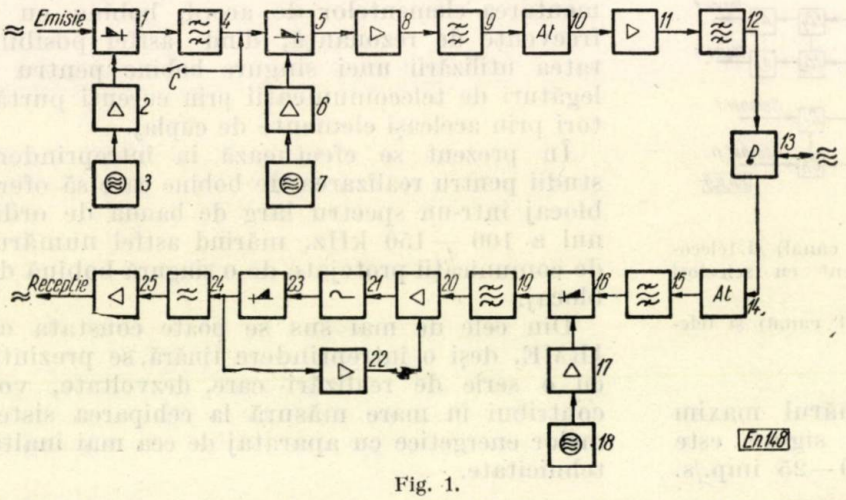


Fig. 1.

1 — modulator; *2* — amplificator; *3* — oscilator 12 kHz; *4* — filtru trece- bandă; *5* — modulator; *6* — amplificator; *7* — oscilator; *8* — amplificator; *9* — filtru trece-bandă; *10* — atenuator; *11* — amplificator; *12* — filtru trece-bandă; *13* — punte; *14* — atenuator; *15* — filtru trece-bandă; *16* — modulator; *17* — amplificator; *18* — oscilator; *19* — filtru trece-bandă; *20* — amplificator; *21* — circuit selectiv; *22* — amplificator; *23* — demodulator; *24* — filtru trece jos; *25* — amplificator.

1.1. *Schema de principiu.* Schema de principiu (bloc) a terminalului este arătată în fig. 1.

Partea de emisie folosește principiul transmiterii de curenți purtători cu o singură bandă laterală și transmiterea simultană a unui purtător auxiliar atenuat, utilizat la premodulare și la demodularea finală, cum și la controlul automat al amplificării.

Modulatorii *1* și *5* sînt de tipul în inel cu diode cu germaniu.

Oscilatorii *3* de 12 kHz și *7* de înaltă frecvență sînt urmați de amplificatorii *2* și *6*.

Contactul *C* folosește la întreruperea purtătorului auxiliar în scop de comutație.

Filtrele *4*, *9* și *12* sînt filtre trece-bandă de tip normal.

Amplificatorii *8* și *11* sînt amplificatori cu reacție negativă.

Atenuatorul At. *10* folosește la reglarea puterii emise.

Puntea *P. 13* micșorează nivelul semnalului provenit de la emisia proprie la intrarea părții de recepție.

Partea de recepție folosește principiul demodulării succesive, prima demodulare fiind făcută cu ajutorul oscilatorului *18* iar a doua demodulare făcîndu-se cu ajutorul purtătorului auxiliar transmis la emisie.

Atenuatorul *At 14* folosește la reglarea nivelului de recepție la intrarea filtrului de bandă *15*.

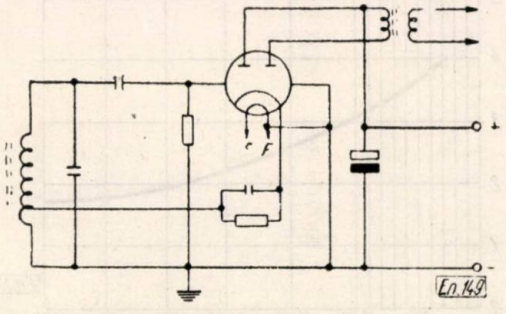


Fig. 2.

Demodulatorul *16* este de tipul în inel cu diode cu germaniu.

Oscilatorul *18*, pe aceeași frecvență cu oscilatorul de la emisia respectivă, este urmat de amplificatorul *19*.

Selectivitatea necesară este asigurată de filtrele de bandă *15* și *19*.

Amplificatorul 20 este controlat de controlul automat de amplificate și folosește un amplificator intermediar *22*.

Circuitul selectiv *21* determină nivelul potrivit necesar la demodularea a 2-a de la recepție.

Demodulatorul *23* este simetric cu diodă cu germaniu. Filtrul trece-jos *24* este de tip normal.

Amplificatorul *25* este cu reacție negativă.

Vom descrie cîteva din circuitele cu contribuție originală utilizate.

1.2. *Partea de emisie.* Funcționarea părții de emisie reiese de pe schema bloc.

Oscilatorul din fig. 2 este echipat cu o triodă dublă, prima triodă lucrînd ca oscilator iar a doua ca amplificator cu grila la masă, fiind alimentată cu tensiune anodică stabilizată.

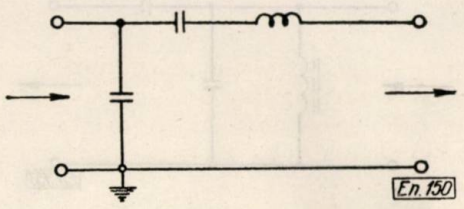


Fig. 3.

Stabilitatea oscilatorului este obținută utilizînd o bobină toroidală și capacitate de acord mare : este adăugat un condensator special pentru compensație de temperatură.

Amplificatorul este cuplat direct pe catodă.

Stabilitatea rezultată este de ordinul $\frac{\Delta f}{f} = 10^{-3}$ cu tensiune anodică nestabilizată, respectiv 5×10^{-5} cu tensiune anodică stabilizată, la o variație a tensiunii de alimentare de 10%.

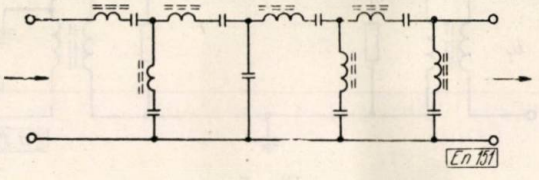


Fig. 4.

Filtrul din fig. 3 este folosit la cuplarea părții de emisie cu circuitul punții *P. 13*.

Circuitul este o jumătate de celulă de filtru trece-bandă.

Interesant este că la constantele utilizate, tensiunile de înaltă frecvență la bornele elementelor depășesc cu ușurință 1 kV și pierderile sînt totuși mici, folosind un singur condensator de o construcție specială.

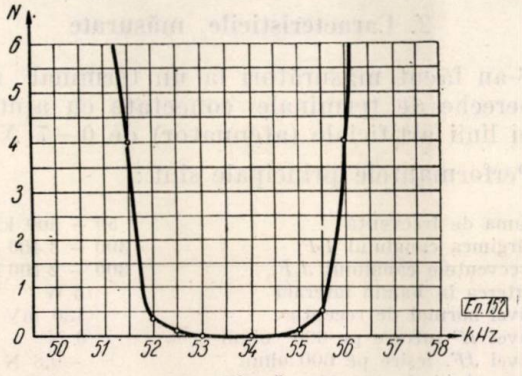


Fig. 5.

1.3. *Partea de recepție.* Funcționarea părții de recepție reiese din schema bloc.

Filtrul trece-bandă de la intrarea în receptor are o schemă normală ca în fig. 4.

Ansamblul de recepție format din filtrele de bandă *15* și *19* și demodulatorul *16*, alimentat de oscilatorul *18* și amplificatorul *17* are caracteristica de atenuare din fig. 5.

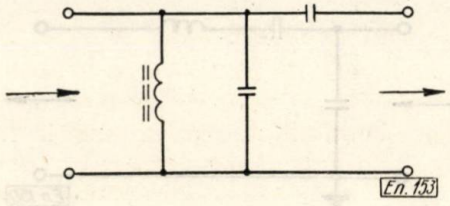


Fig. 6.

Circuitele de cuplare ale amplificatorului *20* controlat de controlul automat de amplificare au schema din fig. 6.

Circuitele sînt jumătăți de celulă de filtru trece-bandă și sînt calculate cu o impedanță caracteristică mare, de ordinul 100 kiloohmi.

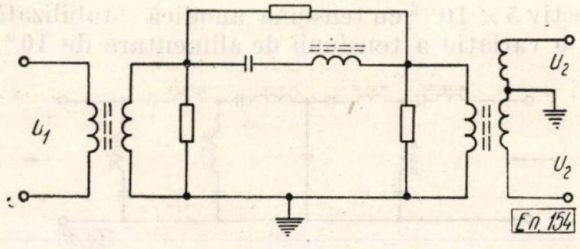


Fig. 7.

Circuitul selectiv *21* necesar potrivirii nivelului la cea de a 2-a demodulare este arătat în fig. 7.

Transformatorii toroidali simetrici potrivesc impedanțele rețelei selective cu impedanțele amplificatorului *20* și cu impedanțele demodulatorului *23*.

Atenuarea circuitului este arătată în fig. 8.

2. Caracteristicile măsurate

S-au făcut măsurători la un terminal și la o pereche de terminale conectate cu ajutorul unei linii artificiale (atenuator) de 0—7 *N*.

Performanțele principale sînt :

Gama de frecvență	50 — 300 kHz
Lărgimea canalului *I.F.*	300 — 3 400 Hz
Frecvențele canalului *J.F.*	300 — 2 100 Hz
Puterea în banda laterală	5 W
Nivel normal de recepție	130 mV
Nivel *IF* intrare pe 600 ohmi	0 N
Nivel *JF.* ieșire pe 600 ohmi	—0,8 N
Distorsiuni (la 400 Hz)	< 10 %
Abaterea de zgomot	> 3 N
Rezerva de amplificare	2 N

S-a prezentat caracteristica echivalentului în fig. 9 și caracteristica distorsiunilor de amplitudine neliniare în fig. 10.

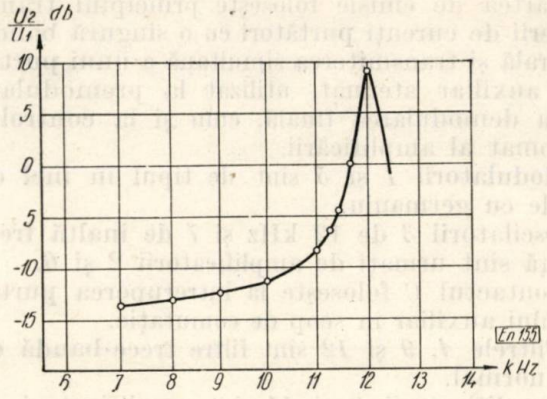


Fig. 8.

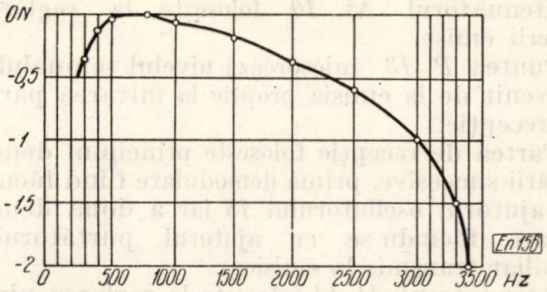


Fig. 9.

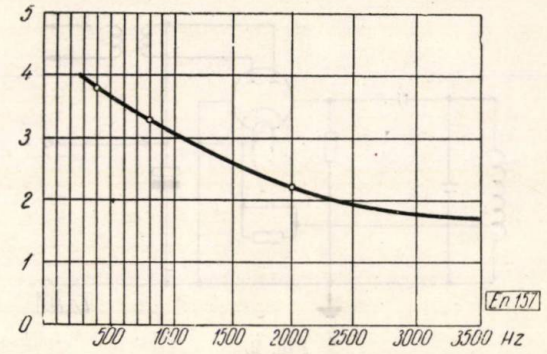


Fig. 10.

3. Concluzii

Caracteristicile obținute măsurate în laborator și la experimentarea pe linie sînt bune.

Este adevărat că pe viitor o parte din circuitele echipamentului vor fi ameliorate pe măsura posibilităților. Astfel oscilatorii vor fi echipați cu cristale de cuarț spre a obține o mai bună stabilitate, echipamentele vor permite funcționarea cu benzi alăturate și alte perfecționări de mai mică importanță.

Terminalul măsurat are o bandă de trecere, în joasă frecvență de 3,4 kHz, ceea ce permite, dacă se limitează banda de trecere în joasă frecvență la 2,1 kHz, transmiterea unor semnale de telemecanică în intervalul 2,1—3,4 kHz.

Funcționarea mai multor echipamente în lanț creează probleme dificile, care sînt în preocuparea de viitor a întreprinderii.

Circuite de blocaj cu 4 unde folosite în comunicațiile telefonice pe liniile electrice de înaltă tensiune

Ing. M. CIGUSIEVICI și ing. L. GHITTA
IRME

În scopul stabilirii unei legături telefonice prin curenți purtători de înaltă frecvență pe liniile de înaltă tensiune, se conectează în serie cu liniile de transport de energie circuite de blocaj.

Rolul circuitelor de blocaj este de a împiedica curentul de înaltă frecvență injectat în linie de la echipamentul telefonic prin condensatorul de cuplaj să pătrundă în postul de înaltă tensiune la care este racordată această linie sau să circule pe alte linii.

De asemeni aceste circuite de blocaj permit menținerea legăturii telefonice cînd linia este pusă la pămînt.

Deci circuitele de blocaj trebuie pe de o parte să prezinte o rezistență foarte mică la trecerea curentului industrial ca să nu provoace pierderi supărătoare, pe de altă parte să se opună trecerii curentului de înaltă frecvență. Circuitele de blocaj sînt constituite dintr-o bobină de inductanță mare care trebuie să suporte curenții maximi ai sarcinii liniei și curenții de scurtcircuit și dintr-o serie de alte elemente (bobine și condensatori) care permit acordarea pe o frecvență sau două.

de altă parte, au pus problema realizării unor circuite de blocaj acordate pe 3 și 4 frecvențe.

Schemele adoptate pentru circuitele de blocaj acordate pe 4 frecvențe sînt:

a) Circuitele L_1C_1 și L_2C_2 se acordă pe frecvența purtătoare f_1 cea mai înaltă. Circuitele $L_1C_1L_2C_2C_3$ și L_3C_4 se acordă pe frecvența f_2 imediat următoare în ordine descrescîndă, circuitele $L_1C_1L_2C_2C_3L_3C_4C_5$ și L_4C_6 se acordă pe frecvența f_3 iar întreg circuitul se acordă cu ajutorul condensatorului C_7 pe frecvența f_4 care este frecvența cea mai joasă ce trebuie transmisă.

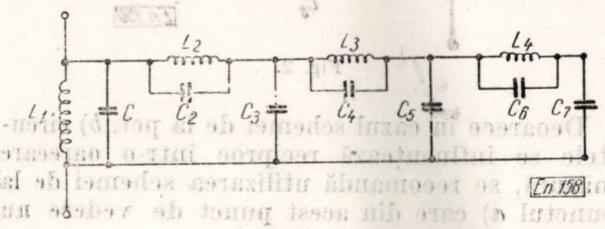


Fig. 1.

Circuitul trebuie să blocheze 4 frecvențe pentru care admitanța va fi nulă:

$$Y = \cfrac{1}{\cfrac{1}{\cfrac{1}{\

respectiv C_4 cu C_5 rezultă valorile inductanțelor L_1 și L_2 și valorile condensatoarelor C_3 și C_6.

$$C_3 = \frac{C_1}{2}\left[\left(\frac{f_1}{f_2}\right)^2 - 1\right]$$

$$C_6 = \frac{C_4}{2}\left[\left(\frac{f_3}{f_4}\right)^2 - 1\right]$$

și în acest caz inductanța bobinei de blocaj L trebuie să fie de aprox. 0,3 mH.

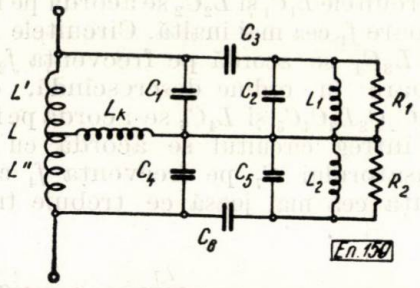


Fig. 2.

Deoarece în cazul schemei de la pct. *b*) circuitele se influențează reciproc într-o oarecare măsură, se recomandă utilizarea schemei de la punctul *a*) care din acest punct de vedere nu prezintă nici un inconvenient.

Metode de măsură pentru determinarea caracteristicilor în înaltă frecvență

Pentru utilizarea circuitelor de blocaj este necesar să se cunoască următoarele date :

a) *Frecvențele de rezonanță și valorile impedanțelor la aceste frecvențe.* Se realizează schema din fig. 3 :

Generatorul G trebuie să aibă o rezistență internă cît mai mică (1 — 2 ohmi). Se variază frecvența generatorului pînă cînd tensiunea U_2 este minimă. Frecvențele corespunzătoare minimului acestei tensiuni corespund celor 4 frecvențe de acord. Menținînd tensiunea U_1 constantă la fiecare din cele 4 frecvențe de rezonanță și variind rezistența R pînă cînd $U_2 = \frac{U_1}{2}$, impedanța la fiecare frecvență de acord va fi egală cu valoarea pe care o va avea rezistența R cînd relația de mai sus va fi satisfăcută.

b) *Forma curbei de rezonanță de o parte și de alta a frecvențelor de acord* (fig. 4). Generatorul G alimentează 2 ramuri ale unei punți, una din ramuri cuprinzînd circuitul de blocaj, cea de a doua o rezistență variabilă. Se va conecta o capacitate variabilă în paralel cu rezistența R pentru frecvențe mai mici decît frecvența de acord. Pentru frecvențe mai mari decît cea de acord, capacitatea variabilă se leagă în paralel cu circuitul de blocaj. Se variază R și C pînă cînd indicația voltmetrului V va fi minimă. Pentru valoarea minimă a indicației voltmetrului partea reală a impedanței circuitului de blocaj este egală cu valoarea rezistenței R, iar partea imaginară egală cu valoarea capacității C. La rezonanță $C = 0$.

c) *Atenuarea de serviciu* (*lărgimea de bandă*) (fig. 5). Lărgimea benzii de blocaj se definește ca fiind banda cuprinsă între punctele curbei pentru care atenuarea de serviciu nu depășește 0,3 N față de punctul de atenuare minimă.

Se recomandă ca atenuarea de serviciu să se măsoare în cazul cel mai defavorabil care poate avea practic loc, adică atunci cînd circuitul de blocaj este plasat imediat înaintea transformatoarelor mari. În majoritatea cazurilor impedanța de intrare a acestora are un caracter capacitiv, ceea ce are ca efect îngustarea benzii de blocaj a circuitului.

Pentru măsurarea atenuării se realizează schema următoare :

Z — impedanța de ieșire, respectiv de intrare a echipamentului telefonic

Z_i — impedanța liniei

C — capacitatea echivalentă a stației de I.T.

Se ajustează C pentru a compensa componenta inductivă a circuitului de blocaj astfel ca să se obțină atenuarea maximă. Atenuarea de serviciu se calculează cu formula $A_s = \ln \frac{U_1}{2U_2}$.

d) *Atenuarea de blocaj* (fig. 6). Și în acest caz situația cea mai defavorabilă are loc cînd componenta inductivă a circuitului este compensată de componenta capacitivă a stației.

Atenuarea de blocaj se calculează cu formula $A_b = \ln \frac{U_1}{U_2}$

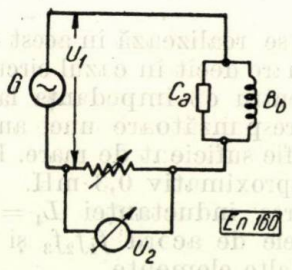


Fig. 3.

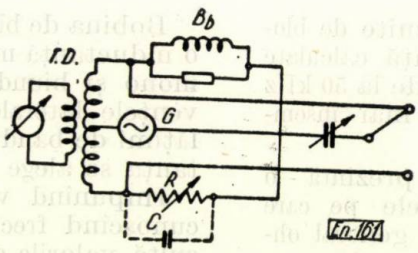


Fig. 4.

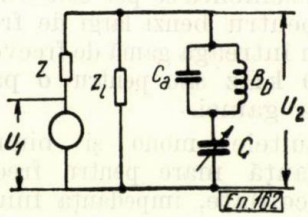


Fig. 5.

Curbele de mai jos reprezintă atenuarea de serviciu a unei bobine de blocaj cu 4 unde realizată de IRME.

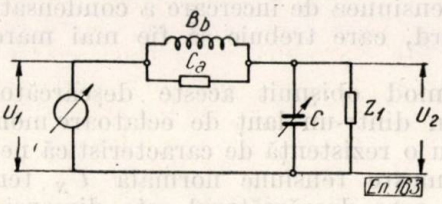


Fig. 6.

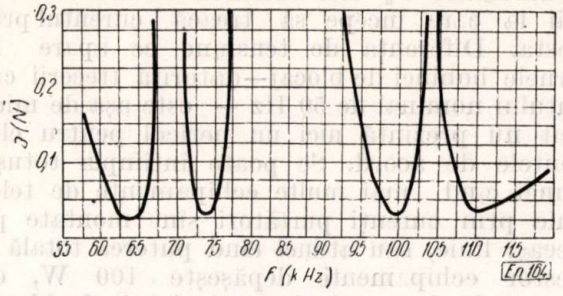


Fig. 7.

Calculul și construcția bobinei de inductanță mare care intră în componența circuitului de blocaj

S-a arătat mai sus că elementul principal al circuitelor de blocaj îl constituie bobina de inductanță mare (0,3 mH) sau cum o vom denumi mai departe bobina de blocaj propriu-zisă. La calculul și dimensionarea acestei bobine trebuie să se țină seama de faptul că bobinele de blocaj sînt totdeauna înseriate pe linia de înaltă tensiune. Ca urmare la dimensionarea lor trebuia să se țină seama că ele sînt parcurse nu numai de curentul normal de serviciu, ci și de curenții de scurtcircuit ce apar în caz de defecte sau avarii. Deci, în afară de curentul de serviciu, pentru a putea dimensiona just o bobină de blocaj este necesar a se cunoaște valoarea amplitudinii curentului de scurtcircuit, valoarea eficace a curentului de scurtcircuit de durată și timpul cît acesta parcurge bobina de blocaj.

Ca urmare se disting următoarele elemente ce trebuie precizate la proiectarea unei bobine de blocaj :

Curentul nominal — I_n — care este valoarea eficace a curentului pe care bobina de blocaj trebuie s-o suporte în regim permanent, fără ca temperatura de regim a conductorului să depășească valoarea maximă admisă.

Curentul de scurtcircuit de durată — I_{termic} (în valoare eficace) — pe care bobina trebuie să-l suporte pe o durată scurtă de timp, fără a fi distrusă ca urmare a unei încălziri exagerate a conductorului. Durata curentului termic este determinată de timpul necesar pentru funcționarea releelor și întrerupătoarelor. Sistemele de protecție folosite azi asigură eliminarea scurtcircuitelor în timpi scurți, care nu depășesc 0,3 s în rețelele de înaltă tensiune, totuși în anumite cazuri extreme, de exemplu atunci cînd declanșarea se produce cu o întîrziere corespunzînd ultimei trepte de protecție, durata scurtcircuitului poate atinge valoarea de 5 s. În general însă în asemenea cazuri, curentul termic nu atinge valoarea maximă. Din experiență s-a constatat că dacă curentul termic atinge valoarea maximă, durata pînă la întreruperea acestuia nu depășește 2 s.

Curentul dinamic — I_{din} — sau amplitudinea maximă a curentului de scurtcircuit.

Aceasta este valoarea de vîrf a primei semialternanțe asimetrice a curentului de scurtcircuit pe care bobina trebuie să-l suporte fără a suferi deformații sau deteriorări de natură mecanică ; în general valoarea acestui curent este dată de expresia $I_{din} = 2\sqrt{2}\, I_{termic}$.

Din cele de mai sus rezultă că intervalul de timp în care se consideră că valoarea de vîrf a primei alternanțe apare în bobina de blocaj este de 0,01 s.

Bobinele de blocaj se construiesc în general pentru curenți nominali (I_n) de valori de la 200 A — 2 000 A, iar amplitudinea maximă admisibilă a curentului de scurtcircuit atinge 60 kA.

În general spirele înfășurării bobinelor de blocaj sînt dispuse pe un singur strat.

Pînă la curenți nominali de valori inferioare $I_n = 600$ A înfășurarea cuprinde o singură cale de curent, bobinajul fiind realizat prin înfășurarea unui singur conductor. La curenți nominali mai mari înfășurarea se execută cu mai multe căi de curent în paralel. Pentru a se evita curenții de circulație dintre aceste căi de curent, se folosesc bobinaje cu transpoziție simplă sau cu transpoziție totală. Transpozițiile permit repartizarea tuturor căilor de curent, de așa manieră încît fiecare cale să cuprindă același flux magnetic.

S-a arătat că bobinele de blocaj trebuie să prezinte o rezistență mecanică suficientă la eforturile provocate de curenții de scurtcircuit. Aceeași condiție se impune și elementelor de acord. Pentru solidarizarea și strîngerea spirelor înfășurării bobinei de blocaj se folosesc armături metalice, tiranți de strîngere izolați cu tuburi izolate și distanțori izolanți între spire. Atît izolația între spire cît și izolația armăturilor metalice și a tiranților de strîngere față de conductori trebuie dimensionată astfel ca să reziste :

— supratensiunilor atmosferice cu front drept ;

— diferenței de tensiune ce apare la bornele bobinei de blocaj datorită trecerii curentului dinamic I_{din}.

În afară de condițiile și elementele arătate mai sus bobina de blocaj trebuie să reziste

la solicitările mecanice (eforturile de tracțiune aplicate bulonului de suspendare a bobinei și tiranților de strîngere) datorită propriei greutăți a bobinei, datorită greutății chiciurii și presiunii vîntului. O parte din factorii care intervin la calcularea efortului mecanic de tracțiune nu pot fi determinați decît aproximativ (forța vîntului, greutatea chiciurii). Pentru bobinele de blocaj pînă la $I_n = 1\,000$ A se consideră că efortul de tracțiune ce poate fi luat în calcul este de cca. 2 000 kg.

Considerente privind protejarea elementelor de acord

Ansamblul elementelor de acord se cuplează în paralel cu bobina de blocaj. Ținînd seama de acest lucru este necesar ca aceste elemente de acord să suporte tensiunea ce apare la bornele bobinei de blocaj atunci cînd aceasta este parcursă de curentul dinamic.

De asemenea aceste elemente de acord care cuprind condensatoare și bobine trebuie protejate față de undele de supratensiune atmosferice (cu front drept). În acest scop se folosesc descărcătoare. Acestea nu trebuie să se amorseze la tensiunea ce apare la bornele bobinei în momentul trecerii curentului I_{din}. Scopul acestui descărcător este de a proteja elementele de acord și izolația bobinei propriu-zise în cazul apariției undelor de supratensiune cu front drept (supratensiuni atmosferice). Deoarece însă asemenea supratensiuni antrenează scurtcircuite, este necesară alegerea descărcătorului astfel încît descărcarea acestuia să se întrerupă odată cu dispariția supratensiunii.

Cunoscînd tensiunea reziduală, se poate determina tensiunea de încercare a condensatoarelor de acord, care trebuie să fie mai mare decît prima.

În mod obișnuit aceste descărcătoare se compun dintr-un lanț de eclatoare montate în serie cu o rezistență de caracteristică negativă. Se numește tensiune normală U_N tensiunea pentru care descărcătorul este dimensionat și funcție de care i se alege destinația. Tensiunea de amorsare U_a este valoarea eficace a tensiunii la care începe să treacă curentul prin acesta. Diferența de tensiune ce apare la bornele bobinei de blocaj—datorită trecerii curentului nominal de 50 Hz — este așa de mică încît nu prezintă nici un pericol pentru elementele de acord. Se poate întîmpla totuși, atunci cînd mai multe echipamente de telefonie prin curenți purtători sînt montate pe aceeași linie, sau atunci cînd puterea totală a acestor echipamente depășește 100 W, ca elementele de acord ale unui circuit de blocaj să fie parcurse timp îndelungat de un curent de înaltă frecvență de valoare superioară celui admisibil. Această situație conduce la o încălzire exagerată a elementelor de acord și la deteriorarea lor. Ca urmare este necesar ca elementele de acord (condensatoare, inductanțe

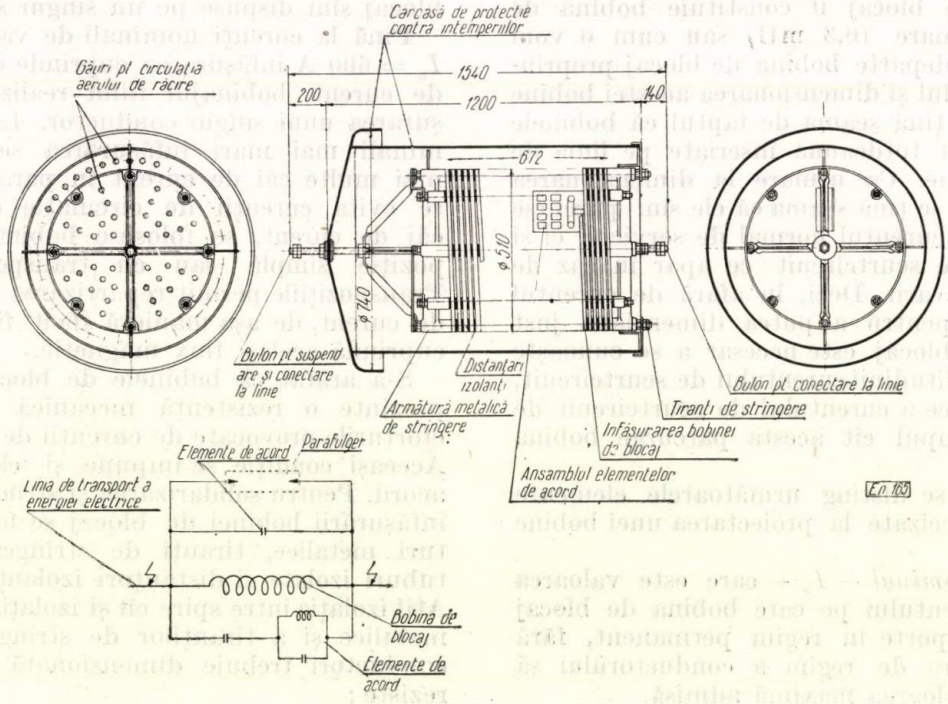


Fig. 8.

adiționale, rezistențe) ale circuitelor de blocaj să fie dimensionate pentru asemenea cazuri. De asemenea la proiectarea circuitelor de blocaj se va avea în vedere că în interiorul bobinei de blocaj propriu-zise ia naștere un cîmp foarte

puternic (în special datorită curenților de scurt-circuit) care dă naștere unor curenții Foucault intenși în orice suprafețe metalice perpendiculare pe acest cîmp.

Ca urmare suportul metalic al elementelor de acord se va construi din metal neferos (pentru a evita încălzirea lui datorită ciclului Hysterezis) și se va dispune cu suprafața paralelă la axul bobinei pentru a micșora la minimum încălzirea prin curenți Foucault. La bobinele de blocaj foarte mari cu $I_n = 1\,000 \ldots 2\,000$ A și mai mult, din motivele arătate mai sus ansamblul elementelor de acord se montează în exteriorul bobinelor sau separat de acestea.

Rezumînd, *condițiile constructive impuse unui circuit de blocaj sînt următoarele :*

Condiția 1. Parametrii (diametru, înălțime, număr de spire) fizici ai bobinei de blocaj trebuie astfel aleși încît să rezulte inductanța cerută L.

Condiția 2. Înfășurarea bobinei de blocaj trebuie astfel dimensionată (secțiunea conductorului — densitatea de curent aleasă) încît :

a) În regim permanent de funcționare — la curentul nominal — temperatura conductorului să nu depășească valorile impuse de calitatea izolanților folosiți.

b) Temperatura conductorului să nu depășească valoarea maximă admisă (250°C pentru cupru) atunci cînd înfășurarea este parcursă de curentul termic în intervalul de timp pînă la întreruperea acestuia, La această solicitare termică izolanții folosiți nu trebuie să prezinte transformări ireversibile.

c) În momentul trecerii unui curent prin spirele unei bobine, aceasta este solicitată la eforturi mecanice axiale și radiale. Atît spirele bobinei cît și bobina în totalitate trebuie astfel rigidizată încît la trecerea curentului dinamic I_{din}., înfășurarea să nu se deformeze datorită forțelor electrodinamice create.

Condiția 3. Izolația folosită între spire și față de armăturile metalice de strîngere a bobinei trebuie să reziste la diferențele de potențial ce apar în cursul funcționării (supratensiuni atmosferice, căderi de tensiune datorită trecerii curentului dinamic).

Condiția 4. Elementele de acord trebuie protejate atît față de supratensiunile atmosferice cu front drept, cît și față de căderile de tensiune ce apar la trecerea curentului dinamic.

Condiția 5. Intregul circuit de blocaj trebuie protejat contra intemperiilor.

Condiția 6. Tot ansamblul circuitului de blocaj trebuie să reziste solicitărilor mecanice datorită greutății proprii, greutății chiciurii depuse și forței vîntului.

Condiția 7. Piesele metalice din interiorul bobinei trebuie astfel dispuse încît să nu se încălzească în mod exagerat datorită curenților Foucault dezvoltați de către cîmpul magnetic existent în interiorul bobinei, în special la apariția curenților de scurtcircuit.

În ultima vreme, în legătură cu dezvoltarea rețelei de comunicații prin curenți purtători din sistemul energetic național, IRME a executat în colaborare cu Intrep. Energoreparații bobina de blocaj cu 4 unde cu următoarele caracteristici :

Tipul	exterior suspe.d t
Curentul nominal	$I_n = 500$ A
Curentul termic	$I_{term} = 10\,000$ A...6 s
Curentul dinamic	$I_{din} = 25\,000$ A
Inductanța	$L = 0{,}3$ mH $\pm 5\%$
Greutate cca. 210 kg	

Fabricația bobinelor de blocaj ridică problema importantă a asigurării condițiilor necesare pentru efectuarea probelor de verificare a

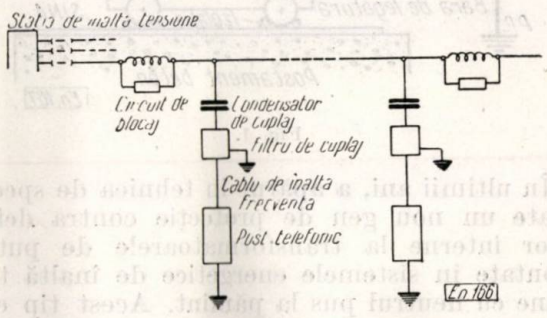
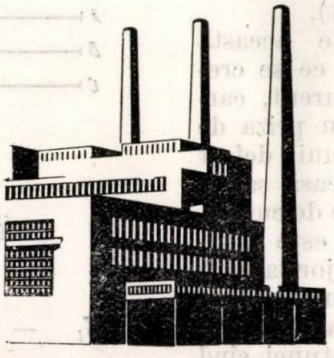


Fig. 9.

stabilității termice și dinamice a bobinelor construite.

Deși metodica de calcul adoptată prevede coeficienți de siguranță acoperitori, totuși singura verificare valabilă a calculelor o constituie proba pe viu.



Protecţia transformatoarelor de putere contra defecţelor interne

Ing. *I. BADEA*
I.R.M.E.

Ritmul rapid de dezvoltare a sistemelor energetice a făcut ca problema protecţiei transformatoarelor de putere să devină foarte importantă, dat fiind rolul pe care-l au transformatoarele, precum şi numărul lor mare existent în staţiile şi centralele electrice.

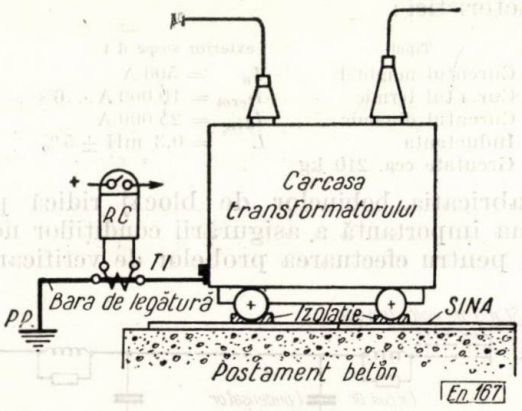


Fig. 1.

În ultimii ani, a apărut în tehnica de specialitate un nou gen de protecţie contra defectelor interne la transformatoarele de putere montate în sistemele energetice de înaltă tensiune cu neutrul pus la pământ. Acest tip este cunoscut sub numele de protecţia Chevalier şi a fost experimentat cu succes în mai multe ţări, printre care enumerăm : Franţa, U.R.S.S., Italia etc.

Principiul acestui gen de protecţie constă în sesizarea foarte selectivă a distrugerii izolaţiei electrice dintre părţile conductoare de curent aflate în interiorul transformatoarelor şi carcasa metalică sau toate acele părţi metalice ce sînt legate direct de ea, după ce în prealabil s-au luat măsurile indicate în figura 1 (izolarea roţilor carcasei şi montarea unui reductor de curent pe legătura la priza de pământ).

Mărimea care face să acţioneze această protecţie este curentul de circulaţie ce se creează între părţile conductoare de curent, carcasa transformatorului şi legătura cu priza de pământ, în momentul apariţiei unui defect intern, cum ar fi atingerea la carcasă sau a miezului de fier cu partea conductoare de curent.

Folosirea acestui gen de protecţie este justificată şi de faptul că marea majoritate a defectelor interne ale unui transformator duce la distrugerea izolaţiei şi faţă de carcasa metalică sau miezul de fier, chiar şi atunci cînd defectul apare numai între spirele bobinelor. În acest scop se montează pe legătura dintre carcasa transformatorului şi priza de pământ un reductor de curent, al cărui secundar se conectează la un releu maximal de curent, aşa cum se poate vedea în figura 1.

În funcţionare normală, prin legătura cu priza de pământ a carcasei transformatorului sau prin primarul reductorului notat cu *TI* din figura 1 circulă doar curentul creat de capacitatea proprie înfăşurărilor transformatorului. Acest curent este foarte mic şi poate fi considerat practic nul în comparaţie cu valoarea de acţionare a releului montat în secundarul reductorului *TI*. Numai în momentul apariţiei unui defect intern de genul celor amintite, prin reductorul *TI* va trece un curent de circulaţie capabil să ducă la acţionarea releului *RC* şi deci a instalaţiei de protecţie.

În mod normal, curentul de circulaţie creat de defectele interne, amintite mai sus, este mare la transformatoarele al căror neutru este legat direct la pământ sau conectate în sistemul cu neutrul pus la pământ, acesta fiind chiar curentul de scurtcircuit monofazic în punctul respectiv. Circulaţia în acest caz se poate urmări în schema de principiu din figura 2, unde se poate observa că valoarea curentului ce trece prin reductorul de curent este cu atît mai mare cu cît valoarea impedanţei notate cu Z_a este mai mare şi cea notată cu Z_l mai mică. Aceasta se poate exprima prin relaţia :

$$I_e = I_0 \frac{Z_a}{Z_l + Z_a}, \qquad (1)$$

în care :

I_e este curentul ce trece prin reductorul de curent al protecţiei ;

I_0 — curentul total de circulaţie prin carcasă şi priza de pământ sau, mai corect, curentul de scurtcircuit monofazic în punctul respectiv ;

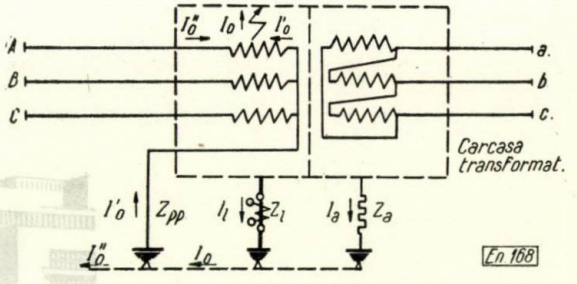


Fig. 2.

Z_l — impedanţa barei de legătură cu priza de pământ şi a reductorului de curent ;

Z_a — impedanţa de aşezare a transformatorului rezultată din rezistenţa faţă de pământ a cuvei şi a şinelor pe care este aşezat transformatorul.

Pentru transformatoarele ce sînt conectate în sistemul de rețea cu neutrul legat direct la pămînt, dar al cărui punct neutru este izolat, circulația de curent în cazul unui defect intern va fi cea din figura 3.

Se înțelege ușor că valoarea curentului în cazul defectului arătat în figura 3 este mai mică decît cea din figura 4 pentru transformatoare identice, întrucît mai intervin și impedanțele înfășurărilor fazelor sănătoase, totuși valoarea absolută este echivalentă cu aceea a unui scurtcircuit monofazic în locul respectiv.

În cazul unui defect exterior transformatorului, așa cum se vede în figura 4, prin reductorul de curent din legătura cu priza de pămînt nu curge practic nici un curent în ambele cazuri examinate mai sus (adică fie că este sau nu legat neutrul la pămînt).

Aceasta înseamnă că acest gen de protecție este foarte selectivă și poate fi reglată foarte sensibil.

Valoarea curentului la care se poate regla acest gen de protecție este indicată în formula (2), care a rezultat din reducerea sistemului din figura 3 și în conformitate cu notațiile

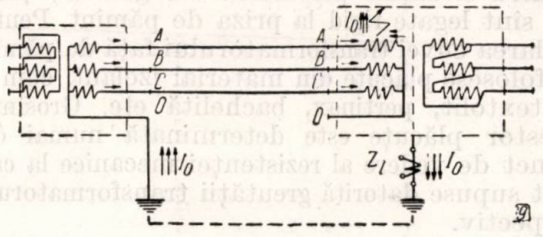


Fig. 3.

convenite în prezentul articol, pentru un scurtcircuit în interiorul carcasei și care este :

$$I_f = \frac{I_l}{K} = \frac{1}{K} \cdot \frac{\sqrt{3} \cdot U_d}{3 Z_l + J X_t \left(1 + \frac{Z_1}{Z_a}\right)} \qquad (2)$$

În care :

I_f este curentul de funcționare a protecției ;

U_d — tensiunea între faze ale sistemului energetic ;

X_t — suma reactanțelor echivalente (directă, inversă și homopolară) pentru regim minim în cazul unui scurtcircuit monofazic ;

K — un coeficient de siguranță pentru protecția maximală.

În practică, valoarea acestui curent s-a determinat experimental a fi în jur de 40 — 50 A, pentru acest gen de protecție în sistemul de rețea cu curentul legat direct la pămînt.

Pentru transformatoarele conectate în sistemul de rețea cu neutrul izolat, aplicarea acestui gen de protecție este mai dificilă, mai ales acolo unde rețeaua nu este prea mare ca lungime sau, mai corect, acolo unde curentul capacitiv este sub 20 — 30 A.

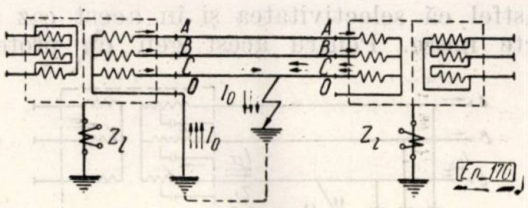


Fig. 4.

Ca orientare, se poate face o apreciere aproximativă asupra eficacității aplicării acestui gen de protecție la transformatoarele conectate în sisteme cu neutrul izolat și a căror lungime totală de linii cu configurații în regim minim este mai mare ca cea indicată în tabela 1.

Tabela 1

Caracteristicile rețelei	Linii aeriene			Rețele de cabluri		
	6 kV	10 (15) kV	35 (25) kV	6 kV	10 (15) kV	35 (30) kV
Lungimea minimă (km)	2 000	1 000 (800)	300 (500)	50 — 100+	30+ — 80+	10

Circulația curentului în cazul unui defect intern la un transformator conectat într-un sistem cu neutrul izolat se vede în figura 5.

Valoarea curentului de circulație ce trece prin reductorul de legătură va di dată de expresia :

$$I_e = (I_{c_s} - I_{c_t}) \frac{Z_a}{Z_l + Z_a}, \qquad (3)$$

în care :

I_{c_s} este curentul total capacitiv al întregului sistem de funcțiune ;

I_{c_t} — curentul capacitiv al transformatorului, care este aproape neglijabil.

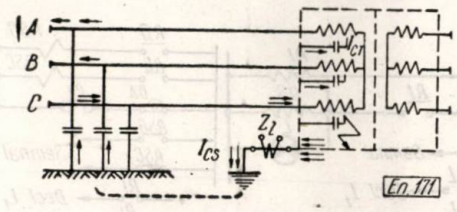


Fig. 5.

Este ușor de arătat că în cazul unui defect exterior transformatorului (fig. 6) și de data aceasta curentul de circulație ce trece prin reductorul de curent este numai curentul capacitiv al transformatorului, respectiv I_{c_t}. Or, în realitate raportul dintre curentul capacitiv al rețelei

și cel al transformatorului, dacă se respectă condițiile din tabela 1, este foarte mare :

$$\frac{I_{c_s}}{I_{c_t}} \geqslant 100 . \qquad (4)$$

Astfel că selectivitatea și în acest caz este foarte mare. Pentru acest gen de protecție

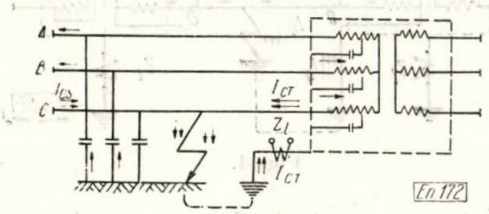


Fig. 6.

valoarea curentului de funcționare se ia aproximativ 20—30 A. O influență nefavorabilă în acest caz o au bobinele de stingere, care reduc valoarea totală a curentului capacitiv al rețelei.

În ceea ce privește partea de curent continuu a instalației de protecție arătată, schema este asemănătoare cu cea a protecției de gaze și este dată în figura 7. Funcționarea acestei scheme se poate explica sumar în modul următor : la apariția unui curent de circulație prin reductorul *TI* din figura 1, capabil să ducă la acționarea releului *RC*, acesta își închide contactul notat cu *RC* din schema alăturată (fig. 7).

Contactul releului de curent *RC* acționează releul intermediar *RI* și cel de semnalizare *RS*. În același timp, circuitul releelor *RI* și *RS* se autoreține prin butonul de anulare *BA* și contactul releului *RI*, pînă la intervenția personalului de serviciu. Autoreținerea este necesară din aceleași motive ca la protecția de gaze (Bucholtz), adică nu trebuie repus transformatorul în circuit pînă cînd nu s-a elucidat cauza declanșării. (Determinarea compoziției gazelor emanate, în cazul cînd sînt, sau interpretarea rezultatelor măsurătorilor de izolație, raport etc, ce se impun în asemenea cazuri.)

Releul *RS* dă semnalizare optică și acustică de funcționarea acestei protecții, ca și lampa

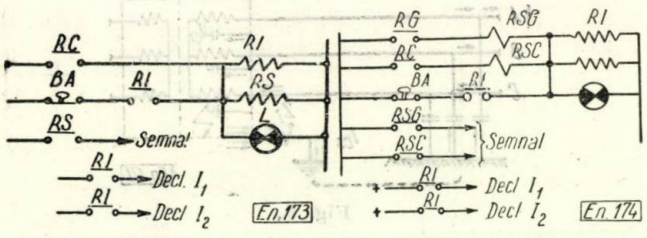


Fig. 7.

Fig. 8.

de semnalizare montată pe panoul de protecție al transformatorului respectiv. În cazul cînd sistemul de semnalizare al stației sau centralei respective permite excluderea releului (*RS*) sau a lampei (*L*), aceasta se poate face.

Releul intermediar dă prin contactele sale comanda de declanșare a tuturor întrerupătoarelor ce alimentează transformatorul respectiv.

În figura 8 se arată o schemă în care la protecția de gaze existentă s-a adăugat tipul de protecție descris mai sus, folosind același buton de anulare și releu intermediar pentru declanșare.

Date practice de realizare a protecției

Problema cea mai importantă pentru acest gen de protecție este ca atît cuva transformatorului cît și celelalte piese metalice legate organic de ea să fie izolate față de priza de pămînt a stației sau centralei respective. Singura conexiune sau legătură electrică cu priza de pămînt să se facă numai prin bara ce se înseriază cu reductorul de curent *T*1 din fig. 1, care acționează protecția. În mod normal, transformatoarele sînt fixate pe șinele de cale ferată ce servesc la transportarea lor. Șinele de cale ferată sînt fixate la rîndul lor în postamente de beton sau pe postamente de lemn pentru situațiile provizorii. În general, șinele nu sînt legate rigid la priza de pămînt. Pentru izolarea cuvei transformatorului față de pămînt se folosesc plăcuțe din material izolant, cum ar fi textolit, pertinax, bachelită etc. Grosimea acestor plăcuțe este determinată numai din punct de vedere al rezistenței mecanice la care sînt supuse datorită greutății transformatorului respectiv.

Izolarea electrică a cuvei este absolut suficientă cu orice fel de material și în orice grosime. De remarcat este faptul că în cele mai multe cazuri, acolo unde șinele de cale ale transformatorului respectiv sînt despărțite de cele generale, chiar și postamentul de beton se comportă ca un bun izolator, suficient pentru cerințele protecției în cauză. Pentru postamentele de lemn și cazul cînd șinele de cale sînt despărțite, nu sînt necesare măsuri speciale de izolare a cuvei. Din măsurătorile efectuate în două cazuri de transformatoare montate pe postament de beton cu șine de cale despărțite, a rezultat pentru situația cea mai defavorabilă, adică pe umiditate mare și transformator așezat în exterior, că rezistența de punere la pămînt a șinelor de cale este în jurul a 5 Ω pentru un curent de 20 A. Aceasta dovedește că față de impedanța barei de legătură cu priza de pămînt și a prizei propriuzise, care nu trebuie să depășească 0,5 Ω, izolația naturală este suficientă pentru a asigura funcționarea protecției, din acest punct de vedere.

În concluzie, se vor lua măsuri speciale de izolare a cuvei acolo unde șinele de cale nu sînt despărțite de cele generale și unde rezistența

de scurgere față de pămînt a șinelor de cale pe timp umed este mai mică decît 5 — 10 Ω.

O altă problemă importantă o constituie alegerea reductorului de curent și a releului care acționează protecția. După valorile experimentale reglajul releului trebuie ales în limitele 40—50 A, pentru rețele cu neutrul legat direct la pămînt, ceea ce duce la alegerea unui reductor de curent cu un raport de transformare în jurul acestor valori. Totodată trebuie să mai ținem cont că primarul acestui reductor se înseriază cu legătura cuvei transformatorului la priza de pămînt, care să aibă o valoare a rezistenței cît mai mică posibil (sub 0,2 Ω). Din acest punct de vedere trebuie ales reductorul cu impedanța primară cea mai mică, ceea ce corespunde cu un raport de transformare cît mai mare. Raportul de transformare cît mai mare este necesar și din motivul reducerii la minimum posibil a raportului dintre curentul de defect și curentul nominal, adică al solicitării dinamice a reductorului, întrucît curentul de defect în acest caz poate atinge valori apreciabile (echivalente cu scurtcircuitul homopolar în rețeaua respectivă).

Raportul de transformare 100/5 A s-a dovedit a fi cel mai acceptabil din majoritatea punctelor de vedere. Pentru acest raport trebuie ales un releu cu limitele cuprinse între 1—2 A pentru a putea fi reglat la 2 A, ceea ce ar corespunde unui curent de acționare în primar de 40 A. Este convenabil și pentru faptul că releul se reglează în ultima treime de scară, adică la un coeficient de revenire bun. Trebuie arătat că pentru un asemenea raport impedanța primară a reductorului este practic neglijabilă față de legătura la priza de pămînt a carcasei transformatorului, spre deosebire de un reductor de curent cu raportul de transformare de 40/5 A, fapt constatat în mod practic prin exemplul de mai jos.

Încercarea s-a făcut la un transformator de 5 MVA 100/6 kV, așezat pe postament de beton într-o stație de tip interior, la care nu s-au luat măsuri speciale de izolare a cuvei față de șinele de cale (fără izolație față de pămînt, numai izolația sa naturală) și conform schemei din figura 9.

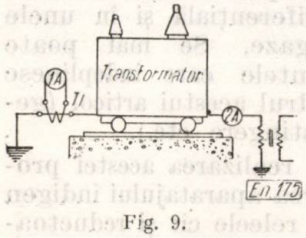


Fig. 9.

Rezultatele măsurătorilor sînt cuprinse în tabela 2.

Din rezultatele cuprinse în tabela 2 putem trage concluzia că impedanța naturală de așezare a transformatorului față de impedanța reductorului și a barei de legătură este într-un raport convenabil pentru folosirea reductorului de 100/5 A. După cum se vede, curentul ce trece prin reductorul *TI* în cazul reductorului de 100/5 A reprezintă 95% din curentul total, în timp ce la reductorul de 40/5 reprezintă 66% din curentul total.

Tabela 2

Mis.	Reduct.100/5 A		Reduct. 40/5 A	
Aparat	1A	2A	1A	2 A
1	47,5	50	20	30
2	95	100	40	60

Evident că situația ar fi și mai avantajoasă pentru cazul folosirii unor reductoare cu raport mai mare de 100/5A. Aceleași raționamente și experiențe pot fi aplicate și pentru transformatoarele care sînt montate în sistemul de rețea cu neutrul izolat, însă al căror curent capacitiv face posibilă folosirea acestui gen de protecție.

Tot din motive de realizarea unei impedanțe cît mai mici a legăturii la pămînt cu priza, așezarea reductorului este de dorit a se face în drumul acesteia, adică lîngă carcasa transformatorului sau chiar în canalul de cable. dacă este loc, sau lîngă bara generală a prizei de pămînt.

Soluția cea mai corectă de adoptat este folosirea reductoarelor de tipul TH—75 (colac) și a releului corespunzător *RC*, care se folosesc și pentru curenți capacitivi.

Este indicată folosirea acestor aparataje (acolo unde se pretează), întrucît circuitul primar este chiar legătura cuvei cu priza de pămînt.

În cazul cînd se montează această instalație la un transformator existent, care este prevăzut și cu protecția de gaze, atunci modificarea schemei în curent continuu conform celei din figura 8 este foarte ușoară și posibilă.

Pentru aceste cazuri investițiile cele mai mari sînt în montarea reductorului pe legătura barei cuvei cu priza de pămînt și tragerea cablului pentru circuitul de curent, pînă la panoul unde s-a montat releul. (Nu este indicat să se folosească firul de rezervă din cablul de la protecția de gaze ale cărui fire sînt folosite pentru circuitele de curent continuu.)

Încercarea și exploatarea protecției

Verificarea și încercarea acestei protecții se fac întîi pe elemente separate, și anume :

1. Se verifică mai întîi releul atît din punct de vedere mecanic cît și electric, după instrucțiunile corespunzătoare tipului respectiv.

2. După aceasta se verifică interacțiunea schemei, în care scop se acționează manual contactul releului de curent. Funcționarea schemei sau unei bare, cu alte cuvinte interacțiunea releelor din schemă, trebuie să fie conformă cu principiul descris în figurile 8 și 9.

3. O verificare importantă este determinarea impedanței de așezare (Z_a) sau izolației cuvei față de pămînt. Aceasta se poate face în două moduri :

a) Se poate măsura cu un aparat pentru determinarea mărimii chimice a prizelor de pămînt. Operația se face în modul următor : se scoate din funcțiune transformatorul și se dezleagă de la priza de pămînt. Se măsoară în această situație rezistența față de pămînt a cuvei transformatorului. Această rezistență trebuie să fie mai mare de zece ori decît priza de pămînt existentă în centrala sau stația respectivă.

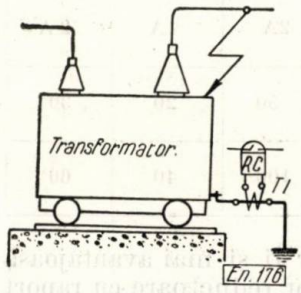


Fig. 10.

b) Se măsoară distribuția curentului prin legătura la pămînt, după schema din fig. 9. Această distribuție trebuie să fie într-un raport de cel puțin 90% față de curentul total de încercare.

În cazul cînd nu sînt respectate punctele a) și b) sau atunci cînd valorile obținute diferă cu mult față de cele inițiale (obținute la punerea în funcțiune) acolo unde există, înseamnă că impedanța de așezare sau izolația cuvei față de pămînt nu este în ordine și trebuie luate măsuri de remediere.

4. Verificarea pe viu a protecției este ultima și cea mai importantă probă care se poate face în mai multe feluri, și anume :

a) Cu sursă separată. Adică, după ce s-a montat totul la loc și protecția s-a pregătit pentru punere în funcțiune, se montează o trusă de curent între cuvă și priza de pămînt. Se ridică curentul pînă cînd declanșează întrerupătorul și se notează această valoare care trebuie să coincidă cu cea reglată anterior, sau prevăzută în proiect (40—50 A). Se urmărește dacă au semnalizat corect clapetele și schema s-a autoblocat corespunzător principiului descris.

b) Cu sursă proprie. După ce protecția s-a pregătit pentru punere în funcțiune, se face o punere la pămînt artificială (voită) de la o fază a transformatorului la carcasa (cuva) sa (fig. 10). În această situație se alimentează de la celula proprie atunci cînd este bloc cu generatorul sau printr-o schemă specială, cu tensiune progresivă, pînă cînd declanșează întrerupătorul.

Se urmăresc aceleași caracteristici și rezultate ca la punctul precedent. Curentul la care a declanșat este indicat să se măsoare cu un transformator special montat pe bara de legătură a cuvei cu priza de pămînt.

5. O dată cu verificările periodice ale protecției transformatorului, se va face și la aceasta cel puțin proba de la punctul 4, a și b.

6. La verificările complete ale protecției transformatorului se vor face cel puțin probele de la punctele : 1, 2, 3 b și 4 a și 4 b.

7. În timpul opririlor sau înainte de punerea în funcțiune a transformatorului se va controla vizual dacă șinele de cale sau cuva nu sînt legate la priza de pămînt și prin altă cale decît cea cu reductorul.

Concluzii

Acest gen de protecție este foarte simplă, ușoară și ieftină de realizat nu numai la elementele noi, dar și la cele vechi.

Garantează o selectivitate foarte mare în comparație cu alte genuri de protecție.

De asemenea, prin simplicitatea ei este o protecție sigură.

Tot datorită simplicității este ușor de întreținut și exploatat, lucru care contează foarte mult în aplicarea și folosirea în instalații.

Deși nu reacționează la scurtcircuite între faze sau spiralele bobinelor transformatoarelor, totuși poate fi folosită cu succes împreună cu protecția de gaze în locul protecției diferențiale, care este mult mai complicată, greu de exploatat și mai scumpă.

De remarcat este faptul că această protecție acționează sigur și selectiv la atingerile la carcasă sau miezul de fier atît ale bobinelor cît și ale fazelor transformatorului sau elementului la care s-a montat, spre deosebire de protecția diferențială care nu se sesizează de acest gen de defect.

Dat fiind avantajele pe care le oferă acest gen de protecție, propunem adoptarea ei pentru toate transformatoarele existente, cărora le lipsește una din cele două protecții contra defectelor interne prevăzută de norme (protecția diferențială și de gaze). De asemenea, adoptarea obligatorie pentru transformatoarele mai mici de 3,2 MVA pentru care normele nu prevăd protecția diferențială și în unele cazuri nici cea de gaze. Se mai poate folosi și pentru elementele care îndeplinesc condițiile arătate în cadrul acestui articol (generatoare, bobine de stingere etc.).

Pentru proiectarea și realizarea acestei protecții se propune folosirea aparatajului indigen atît în ceea ce privește releele cît și reductoarele. Ca reductoare se pot folosi cele de joasă tensiune, cu raportul de 100/5 A, 150/5 A sau 200/5 A, precum și cele fabricate pentru măsurarea curenților capacitivi de tipul toroidal (colac) denumite TH — 75. Tipul TH — 75 trebuie realizat pentru un curent primar de 40—50 A, lucru posibil prin modificarea numărului propriu de spire sau printr-un reglaj corespunzător al releului folosit. Este recomandabilă folosirea acestuia din urmă pentru motivele arătate mai sus.

Schema economică pentru funcţionarea răcitorilor degazoarelor

Ing. *TH. ILIESCU*
I.R.M.E.

În acest articol se face analiza comparativă a celor două scheme prescrise în centralele noastre pentru funcţionarea răcitorilor de abur ai degazoarelor (care lucrează la presiunea mai mare decît cea atmosferică). Din analiza tehnico-economică care se va face, vor rezulta clar avantajele uneia din scheme. Această schemă, în prezent, este mai puţin aplicată în centralele noastre. I.R.M.E.* şi-a propus generalizarea schemei economice de funcţionare a răcitorilor degazoarelor la toate centralele noastre mari. Din iniţiativa ing. Gaşpar R., la Centrala termoelectrică „Steaua Roşie" s-a realizat parţial această lucrare, pe linie inovatorică, şi rezultatele au fost cele scontate.

Pentru a se asigura condiţiile normale de lucru în domul degazorului, în vederea degazării apelor introduse în aparat, trebuie realizată ventilaţia corespunzătoare a domului.

Cantitatea de abur de ventilaţie (*dv*) este determinată de solicitarea termică a domului, de presiunea de lucru a degazorului, de debitul de apă ce se degazează şi de cantitatea de gaze dizolvate în apă. În centralele electrice de înaltă presiune, unde exigenţa în privinţa degazării este foarte mare, se prevede un debit de abur de ventilaţie mai mare, şi anume :

5 — 10 kg abur/t apă,

în funcţie de intervalul de încălzire al apei (diferenţa între temperatura de saturaţie corespunzătoare presiunii de lucru şi temperatura apei la intrarea în degazor).

Pentru a se recupera atît căldura, cît şi condensatul din aburul de ventilaţie, se intercalează în schema termică a centralei un schimbător de căldură de suprafaţă, în care aburul de ventilaţie se condensează. Acest schimbător de căldură se montează direct pe degazor, sub denumirea de răcitorul degazorului, şi face parte din accesoriile acestuia. În răcitor aburul de ventilaţie prin condensare se separă de gazele cu care a fost în amestec. Condensatul reintră în circuitul închis al apei, iar gazele sînt eliminate continuu în atmosferă, prin aerisirea răcitorului

Sînt folosite două soluţii pentru funcţionarea răcitorului degazorului (fig. 1), şi anume :

Soluţia 1 (fig. 1, *a*) : spaţiul de abur al răcitorului se pune sub presiunea de lucru a degazorului; pentru aceasta, armătura de pe conducta de legătură dintre domul degazorului şi răcitor este complet deschisă. Reglajul aerisirii răcitorului se face prin ventilul de aerisire al răcitorului, care se deschide numai atît cît să se vadă cantitatea normală de abur ce trebuie evacuată în atmosferă. Condensatul care se strînge în răcitor se descarcă printr-o oală de condensaţie într-un rezervor.

Soluţia 2 (fig. 1, *b* şi 1, *c*). Spaţiul de abur al răcitorului se ţine la presiunea atmosferică. Ventilul de aerisire a răcitorului se ţine complet deschis ; reglajul funcţionării aparatului se face prin manevrarea armăturii de pe conducta de legătură dintre domul degazorului şi răcitor, astfel încît prin ventilul de aerisire al răcitorului să se evacueze în atmosferă cantitatea normală de abur. Condensatul care se strînge în răcitor are temperatura de 75—85°C (în funcţie de presiunea parţială a aburului şi a aerului din răcitor) ; acesta se descarcă prin sifon în rezervorul de puncte joase al centralei.

Din punctul de vedere al funcţionării degazorului, ambele scheme sînt echivalente, atîta vreme cît răcitorul are capacitatea să condenseze cantitatea de abur prescrisă pentru asigurarea ventilaţiei domului. În cazul soluţiei 1, apa care se foloseşte pentru condensarea aburului poate avea la intrarea în răcitor o temperatură ridicată (10 — 20°C sub temperatura de saturaţie corespunzătoare presiunii de lucru a degazorului), în funcţie de debitul de apă folosit şi de dimensiunile constructive ale răcitorului ; după ce iese din răcitor, apa se introduce în domul degazorului. În cazul soluţiei 2, apa care se foloseşte pentru condensarea aburului trebuie să aibă la intrarea în răcitor o temperatură cu mult mai scăzută, 40—60°C ; după ce iese din răcitor, apa se dirijează tot spre domul degazorului, sau în altă parte, în funcţie de natura şi destinaţia acestei ape.

Vom prezenta situaţia existentă în cele 5 centrale mari ale noastre, Paroşeni, Fîntînele, Doiceşti, Grozăveşti şi Borzeşti.

— La Paroşeni (fig. 1, *c*), presiunea de lucru a degazorilor este 6 ata ; răcitorul de abur funcţionează după soluţia 2. Pentru condensarea aburului se foloseşte apa de adaos epurată. La intrarea în răcitor apa are temperatura cu care iese din staţia de epurare. La ieşire din răcitor, apa de adaos are $\simeq$ 80°C ; mai departe ea este dirijată spre degazorul apei de adaos. Debitul de apă de adaos ce trece printr-un răcitor este $\simeq$ 6—10 t/h. Suprafaţa de schimb de căldură a răcitorului este de 24 m². Condensatul care se strînge în răcitor este descărcat în rezervorul de puncte joase al centralei.

— La Fîntînele (fig. 1, *b*) presiunea de lucru a degazorilor este tot 6 ata (atît la grupurile de 25 MW, cît şi la grupul de 50MW) ; răcitorul de abur al degazorului funcţionează

* Întreprinderea de raţionalizări şi modernizări energetice.

după soluția 2. Pentru condensarea aburului se derivă o parte din condensatul de bază (12 t/h la grupurile de 25 MW și $\simeq$ 20 t/h la grupul de 50 MW), după ce acesta a trecut prin condensatorul bateriei de ejectori. La

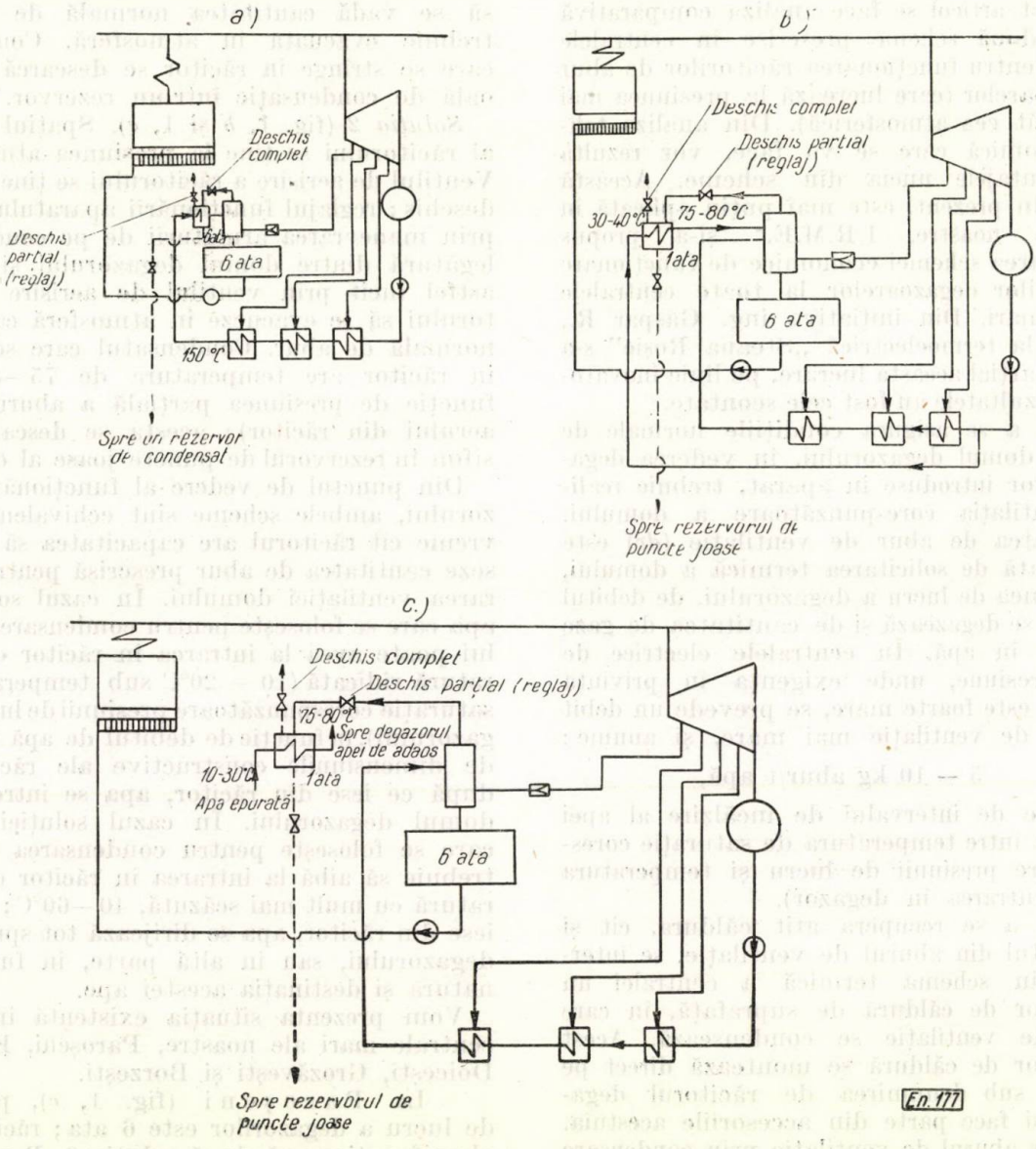


Fig. 1.

în răcitor apa are $\simeq$ 156°C, cu $\simeq$ 27°C sub temperatura de saturație. La ieșire din răcitor apa are $\simeq$ 168°C. Suprafața de schimb de căldură a răcitorului este de 10 m². Condensatul care se formează în răcitor se descarcă prin ieșire din răcitorul degazorului apa are $\simeq$ 75—80°C. Mai departe această apă este introdusă în domul degazorului. Suprafața de schimb de căldură a răcitorului este de 12 m² la grupurile de 25 MW, respectiv 24 m² la grupul de 50 MW. Condensatul care se adună în răcitor se descarcă prin sifon în rezervorul de puncte joase al centralei.

— La Doicești, presiunea de lucru a degazorilor este 11 ata; răcitorul de abur funcționează după soluția 1. Întreaga cantitate de condensat de bază, înainte de a intra în dom, trece prin răcitorul degazorului. La intrare intermediul unei role de condensație într-un rezervor intermediar sub presiunea de 3 ata, de unde apoi se pompează în circuit.

— La Grozăvești, presiunea de lucru a degazorilor este de 3,8 ata. Degazorul nu are răcitor; aburul de ventilație se descarcă direct în atmosferă. Din această cauză, ventilația domului este în permanență insuficientă (personalul de exploatare caută să reducă pierderile de abur și nesocotește importanța ventilației domului degazorului).

— La Borzești (fig. 1, *c*) presiunea de lucru a degazorilor este de 6 ata; răcitorul de

abur al degazorului funcționează după soluția 2. Pentru condensarea aburului se folosește, ca și la Paroșeni, apa de adaos epurată. Schema este identică ca la Paroșeni cu singura deosebire că răcitorii au 12 m² și prin ei trece o cantitate mai mare de apă de răcire, $\simeq$ 12—15 t/h.

Se examinează acum, comparativ, cele două soluții; pentru concretizare se face referință la centrala Fîntînele (grupurile de 25 MW, la sarcina pe grup de 20 MW). Schema reală de funcționare a răcitorilor degazorilor se compară cu situația în care s-ar realiza soluția 1.

Datorită faptului că se mărește debitul condensatului de bază ce trece printre încălzitorii de joasă presiune (*I*, *II* și *III*) se mărește cantitatea de abur prelevat din prizele *I*, *II* și *III* reducîndu-se corespunzător debitul de abur prelevat din priza *IV*. De aici provine și îmbunătățirea schemei, în cazul soluției 1.

Efectuînd calculele analitice asupra celor două scheme, se determină consumul specific de căldură al centralei de cele două soluții.

— Consumul specific de căldură în cazul soluției 1 este: 2 625 kcal/kWh

— Consumul specific de căldură în cazul soluției 2 este: 2 645 kcal/kWh.

Rezultă deci o îmbunătățire a consumului specific de 0,77% în cazul funcționării cu soluția 1, ceea ce la o producție medie zilnică de 2 500 000 kWh, va aduce economii anuale de 2 570 t combustibil convențional.

Solicitarea termică a domului degazorului este de asemenea mai mică în cazul cînd se modifică schema de funcționare a răcitorului de abur al degazorului. Astfel, în situația actuală solicitarea termică a degazorului este de $1{,}425 \times 10^6$ kcal/oră, în situația luată în discuție solicitarea termică este de $0{,}434 \times 10^6$ kcal/oră; se realizează deci o reducere a solicitării termice cu 70%, ceea ce va influența favorabil asupra funcționării degazorului.

Îmbunătățirea funcționării degazorului, în cazul trecerii la soluția 1, este importantă și din alt punct de vedere, deoarece se elimină vîna de apă rece ($\simeq$ 12 t/h, cu temperatura de 75—80°C) ce se introduce în prezent în dom. Aceasta, cu toate că necesită o cantitate redusă de căldură pentru preîncălzire pînă la temperatura de saturație, totuși din cauza intervalului mare de preîncălzire, 80—85°C, va începe să fiarbă cu întîrziere și în consecință este de așteptat ca degazarea vînei de apă să nu fie suficientă.

Prin modificarea schemei de funcționare, în cazul trecerii de la soluția 2 la soluția 1, se obține de asemenea o importantă îmbunătățire în ceea ce privește evitarea coroziunii țevilor răcitorilor. În cazul funcționării cu soluția 2, odată reglajul funcționării făcut, dacă crește debitul condensatului de bază (crește sarcina turbinei), prin răcitorul degazorului va trece o cantitate de apă de răcire mai mare, ceea ce va face ca în spațiul de abur al răcitorului să se creeze o depresiune și să aspire aer din sobă. În aceste situații, presiunea parțială a aerului în spațiul de abur al răcitorului va fi mare, ca atare și conținutul de oxigen dizolvat în apa condensată care se formează acolo va fi mare, provocînd corodarea puternică și rapidă atît a țevilor răcitorului, cît și a virolei.

În cazul funcționării cu soluția 1, aceste fenomene nu se pot produce decît în cazul închiderii complete a aerisirii răcitorului (din neglijența personalului de exploatare).

În concluzie modificarea schemei de funcționare a răcitorului degazorului are următoarele avantaje: îmbunătățește consumul specific de căldură al centralei, reduce solicitarea termică a domului degazorului și îmbunătățește degazarea apei. Totodată, nu se poate aduce nici un argument negativ care să pună în discuție schema nou propusă. Toate acestea pun în inferioritate actuala schemă de funcționare a răcitoarelor degazoarelor și impune studierea posibilităților concrete de trecere la cealaltă schemă.

Cercetarea posibilităților de modificare a schemei de funcționare a răcitorilor degazoarelor la CTE Fîntînele

În primul rînd se verifică dacă răcitorul de abur al degazorului existent este dimensionat și poate să lucreze cu presiunea de 6 ata, în spațiul de abur. În caz contrar ar trebui schimbat răcitorul. În cazul descris, rezolvarea acestei probleme a fost foarte simplă, deoarece pe placa de timbru a schimbătorului de căldură era marcată tocmai presiunea de 6 ata. Este foarte probabil că constructorul a prevăzut posibilitatea funcționării aparatului la presiunea de lucru a degazorului (acest lucru este în general valabil pentru toți degazorii de 6 ata, montați la Fîntînele, Paroșeni și Borzești).

Trebuie apoi să fie verificată capacitatea de condensare a răcitorului în noua schemă. Cifra ce va rezulta se compară atît cu cifra realizată în cazul schemei vechi, cît și cu cifra teoretică pentru ventilarea normală a domului.

În situația actuală, cantitatea de abur ce se condensează în răcitorul degazorului se determină direct, prin măsurători asupra apei de răcire.

— Cantitatea de căldură (Q) luată de apa de răcire:

$$Q = \Delta t \cdot G = (80 - 40) \times 12\,000 = 480 \times 10^3 \text{ kcal/h}$$

— Cantitatea de abur de ventilație (dv) condensată în răcitor:

$$dv = \frac{Q}{i_{ab} - i_{apă}} = \frac{480 \times 10^3}{657{,}8 - 85} = 840 \text{ kg/h.}$$

Cantitatea de abur ce asigură ventilația domului calculată teoretic este :

$$(5 - 10) \times 80 = 400 - 800 \text{ kg ab/h.}$$

Capacitatea de condensare a răcitorului degazorului în schema nouă se determină prin calcu-

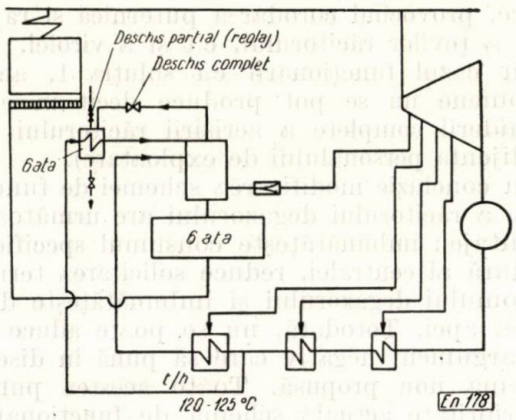


Fig. 2.

lul analitic de verificare a schimbătorului de căldură (de tip orizontal : $S = 12$ m² ; $n = 114$ țevi Ø 24 × 1,5 ; $l = 1\,400$ mm)

$$dv = \frac{K \cdot \Delta t_{log} S}{r} \text{ kg/h în care :}$$

K = coeficientul de transmisie de căldură, în kcal/m² h °C, ;

Δt_{log} = diferența de temperatură medie logaritmică, între cele două fluide, în °C.

S = suprafața schimbătorului de căldură, în m².

Cu $S = 12$ m², $\Delta t_{log} = 6{,}82$°C, $K = 3\,600$ kcal/m²h°C, $r = 498{,}5$ kcal/kg debitul de abur de ventilație (dv) pe care răcitorul este capabil să-l condenseze este :

$$dv = 591 \text{ kg/h}$$

Se constată deci că răcitorul de abur are capacitatea să condenseze cantitatea de abur necesară pentru asigurarea ventilației domului.

Cum și viteza apei în țevile răcitorului este normală (1,11 m/s) înseamnă că se poate trece la soluția 1, fără nici o rezervă, așa cum a fost prezentată problema pînă acum. Există însă o dificultate : la sarcina de 25 MW și în condițiile de lucru cu presiuni la prizele nereglabile ale turbinei mai mari decît cele nominale, temperatura apei la ieșire din preîncălzitorul *III* crește peste 149°C, ajungînd uneori la 155—156°C. În aceste condiții, funcționarea răcitorului de abur al degazorului este compromisă în noua soluție.

Rezolvarea acestui neajuns este arătată în fig. 2. Răcitorul de abur funcționează ca în soluția 1, sub presiunea de lucru a degazorului ; pentru condensarea aburului de ventilație se derivă aceeași cantitate de apă din condensatul de bază ca în prezent, însă luată nu înainte de preîncălzitorul *I*, ci înainte de preîncălzitorul *III* (cu temperatura de 120—125°C). În această situație, capacitatea de condensare a răcitorului este de 730 kg/h, ceea ce acoperă cu mult necesarul calculat teoretic. Aportul economic asupra consumului specific de combustibil al centralei se reduce de la 20 la 17 kcal/kWh (rămîne totuși apreciabil).

Schema de funcționare din fig. 2 se poate aplica nu numai la centrala Fîntînele, ci și la Paroșeni și Borzești. La aceste două centrale din urmă, apa de adaos epurată ar urma să fie dirijată în condensator, conform necesităților economice.

Modificarea ejectorilor turbinelor „C. M. R." de la C. T. E. Brăila

Ing. *DAN GOLICI*
I.R.M.E.

C.T.E. Brăila este dotată cu două turbine cu abur de fabricație „C.M.R.", cu o putere unitară de 3 MW, a căror instalație de vid este formată dintr-un ejector cu abur în două trepte.

Tipul inițial de ejector, livrat de fabrica constructoare, era cu ajutaje multiple — în număr de 8 — care, la un vid realizat de cca. 0,06 ata, avea un consum de abur de cca. 750 kg/h, la o presiune de 9 ata pentru treapta I și 25 ata pentru treapta a II-a.

Acest consum de abur inadmisibil de mare atrăgea după sine o preîncălzire a condensatului turbinei, în răcitorii ejectoarelor, cu cca. 36°C, ceea ce împiedica condensarea aburului provenit de la distilatorii apei de adaos, în degazor.

Descrierea instalației de vid inițiale :

Cele două trepte ale instalației de vid sînt formate din cîte un corp de tip constructiv, identic pentru ambele trepte, reprezentat în figura 1.

După cum se vede din figură, corpul ejectorului este format din trei părți :

— camera de abur (1) :
— camera de amestec (*2*) ;
— difuzorul (*3*),

partea convergentă a difuzorului (*4*) fiind detaşabilă.

Între camera de abur şi camera de amestec este montată o placă intermediară (*5*), în care se filetează piesa de reglaj (*6*). Piesa de reglaj poate fi deplasată în lungul axului longitudinal al ejectorului prin rotirea axului de reglaj (*7*).

Piesa de reglaj susţine cele opt suporturi ale ajutajelor (*8*), montate radial şi cu axe concentrice. În suporturi sînt filetate ajutajele propriuzise (*9*).

Etanşarea trecerii axului de reglaj prin peretele camerei de abur se face cu o presetupă (*10*).

Răcitorii ambelor trepte ale ejectorului sînt uniţi într-un singur corp cilindric, secţionat longitudinal.

Amplasarea răcitorului este orizontală, compartimentul pentru treapta I fiind la partea superioară, iar compartimentul pentru treapta a II-a — la partea inferioară.

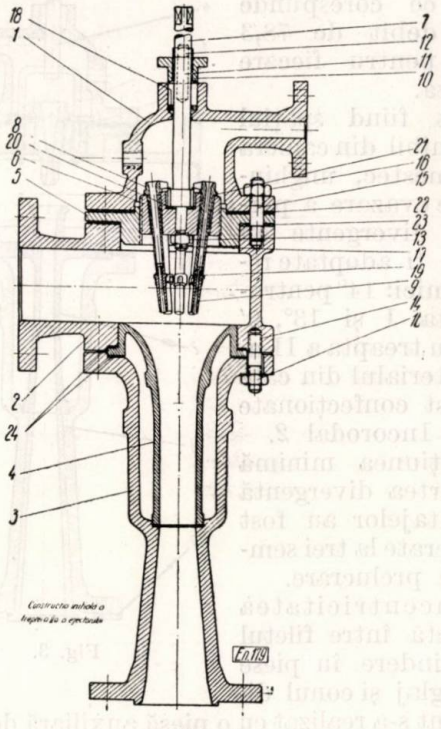


Fig. 1.

Răcitorul pentru treapta I este format din 52 de ţevi de alamă ⦰ 19×1 mm, cu o lungime utilă de 884 mm. Fluxul intratubular (condensatul principal al turbinei) este format din două drumuri, iar fluxul din spaţiul intertubular (amestecul de abur şi aer de la ieşirea difuzorului treptei I) este longitudinal, în raport cu aşezarea ţevilor, deviat în zig-zag de către două şicane perpendiculare pe flux.

Răcitorul treptei a II-a este format din 42 de ţevi identice cu cele de la treapta I, cu un singur flux intratubular şi cu un flux intertubular similar cu cel de la treapta I, însă dirijat în sens contrar.

Ambii răcitori sînt uniţi într-o cămaşă exterioară cilindrică comună.

Condensatul principal al turbinei parcurge mai întîi răcitorul treptei a II-a — în contracurent —, iar apoi cele două drumuri ale răcitorului treptei I.

Condensatul rezultat din condensarea parţială a aburului din amestecul de aer şi abur de la ieşirea treptei I este evacuat din răcitorul acestuia, prin intermediul unui sifon, în condensator.

Condensatul colectat în răcitorul treptei a II-a este evacuat, la presiunea atmosferică, într-un rezervor de drenaj.

*

Pentru îmbunătăţirea funcţionării instalaţiei de vid, s-a propus transformarea ejectorului iniţial într-unul cu ajutaj unic.

După cum se ştie, construcţiile moderne de ejectoare cu abur sînt prevăzute cu ajutaj unic de lucru. Construcţiile mai vechi erau prevăzute cu ajutaje multiple, pe considerentul că mai multe jeturi de abur pot realiza suprafeţe de contact mai mari între amestecul de aer — abur extras din condensator şi aburul de lucru.

Experienţa a demonstrat în numeroase cazuri că presupusul avantaj al suprafeţei mari de contact între aer şi abur este anihilat de interacţiunea diferitelor jeturi de abur în camera de amestec, luînd naştere vîrtejuri şi deci condiţii nefavorabile scurgerii amestecului de aer—abur în difuzor.

Acest fenomen a avut loc şi în cazul ejectoarelor de la C T E. Brăila şi a fost agravat după un număr de ore de funcţionare, cînd părţile divergente ale ajutajelor s-au deformat din cauza temperaturilor înalte. Astfel, jeturile de abur nu erau perfect concentrice şi nici centrele secţiunilor nu erau înscrise pe un cerc.

În afară de aceasta, la asemenea instalaţii cu debite de abur relativ mici, secţiunile minime ale ajutajelor nu pot fi scăzute sub o anumită limită, pentru evitarea înfundării acestora cu săruri. Astfel, debitul aburului de lucru rezultă mai mare decît cel necesar.

Pe aceste considerente a fost adoptată soluţia cu ajutaj unic.

Pentru ca lucrarea să poată fi realizată cu mijloace proprii ale CTE Brăila, respectiv în atelierul mecanic al centralei, modificarea trebuia concepută cu un minim de piese noi şi fără nici o piesă turnată.

Pe de altă parte, dat fiind că turboagregatele a căror instalaţie de vid era în cauză nu puteau fi oprite pentru un timp mai îndelungat — ci numai cîteva ore noaptea sau 24 ore duminica —, modificarea trebuia astfel efectuată încît să nu excludă posibilitatea funcţionării în vechea situaţie, atît timp cît soluţia nouă nu era încă pusă la punct.

În aceste condiții au trebuit să fie realizate piese noi, în cadrul gabaritelor existente, fără însă a modifica piesele ce se refoloseau pentru a putea reface (în termen foarte scurt), în caz de nevoie, situația inițială.

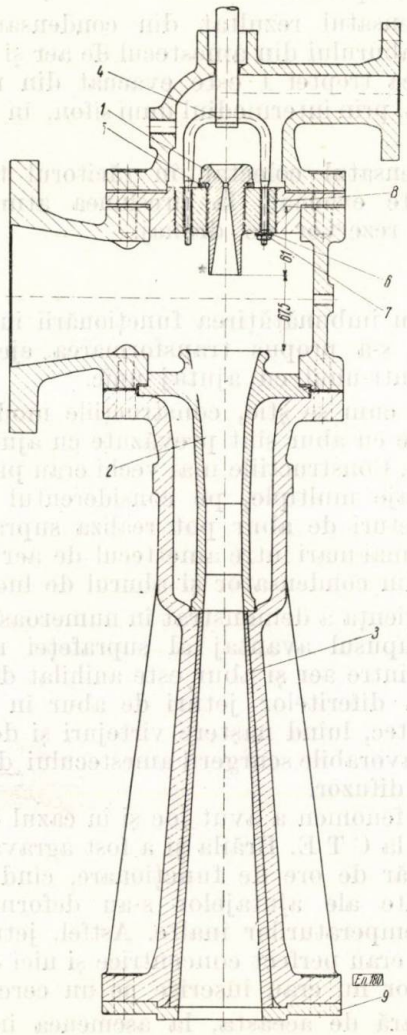


Fig. 2.

Calculul ejectoarelor s-a efectuat conform metodelor cunoscute în literatura tehnică de specialitate [1] și [2], ținînd seama de gabaritele carcaselor turnate existente și de răcitorii de aburi existenți — piese ce trebuiau menținute —, modificînd numai partea interioară pentru scurgerea aburului și a amestecului aer—abur.

Astfel, au fost înlocuite piesele de reglaj, ajutajele și axul de reglaj. Noile piese de reglaj cu ajutaj unic se confecționează pentru a fi filetate în același local al pieselor de susținere.

Axul de reglaj prezintă un alt sistem de prindere a piesei de reglaj, în schimb are același diametru cu cel vechi, trecînd prin aceeași presetupă.

În ceea ce privește difuzorul, partea convergentă detașabilă a fost înlocuită cu una nouă, iar partea divergentă a fost realizată dintr-un adaos tronconic, introdus pe la partea de ieșire în vechiul con divergent. Pentru susținerea adaosurilor de la difuzor, au fost confecționate flanșe de susținere ce împiedică alunecarea adaosurilor în spre răcitor.

Ansamblurile celor două corpuri modificate de ejector pentru treapta I, respectiv treapta a II-a, sînt redate în figurile 2 și 3, putînd fi observate piesele vechi nemodificate și reutilizate (cele nepoziționate): camera de abur, camera de amestec, piesa intermediară pentru susținerea piesei de reglaj și suportul difuzorului. Piesele executate din nou au pozițiile indicate. În cele ce urmează sînt prezentate detalii pentru piesele modificate.

Ajutajele — pozițiile (*1*). Ajutajele ambelor trepte au același diametru minim de 4,6 mm, calculate pentru aceeași presiune a aburului de lucru $P'_0 = 11$ ata, ceea ce corespunde unui debit de 78,3 kg/h pentru fiecare treaptă.

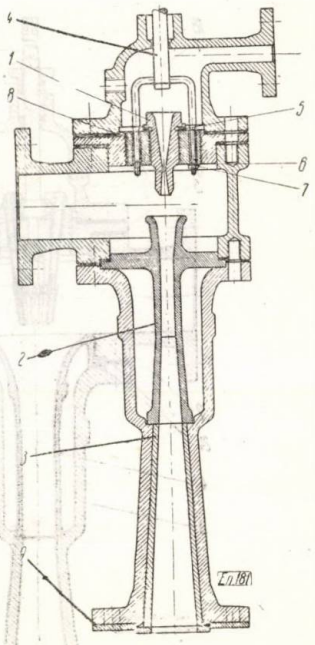


Fig. 3.

Dat fiind spațiul disponibil din camera de amestec, unghiurile de evazare a părților divergente au putut fi adoptate relativ mici: 14° pentru treapta I și 13°, 9′ pentru treapta a II-a.

Materialul din care au fost confecționate este: Incorodal *2*.

Secțiunea minimă și partea divergentă a ajutajelor au fost prelucrate la trei semne de prelucrare.

Concentricitatea perfectă între filetul de prindere în piese de reglaj și conul divergent s-a realizat cu o piesă auxiliară de ghidaj (pe strung), cu gaură filetată *M 33*.

Conurile de absorbție — pozițiile (*2*). Aceste piese sînt denumite astfel după denumirea celor pe care le înlocuiesc. În realitate, ele nu reprezintă numai conurile de absorbție ale difuzoarelor, ci, în plus, partea cu secțiune minimă și începutul părții divergente.

Deși au o formă cu totul deosebită de cea a celor înlocuite, au totuși comune suprafețele de sprijin în carcasa existentă, și anume la îmbinarea camerei de amestec cu suportul difuzorului și la partea de contact inferioară conului de absorbție cu suportul difuzorului.

Piesele sînt executate din OL 38.

Piesele au fost executate din OL rotund Ø 80, la care s-au sudat adaosuri corespunzătoare

pentru realizarea suprafețelor de sprijin de Ø 150.

Partea convergentă și cea cilindrică a difuzorului au fost prelucrate la trei semne de prelucrare și apoi poleite pentru a elimina orice asperitate.

Conurile divergente ale difuzoarelor — pozițiile (*3*). Aceste piese reprezintă niște trunchiuri de con prelucrate pe dinafară după dimensiunile părții divergente a difuzoarelor vechi și pe dinăuntru după dimensiunile aceleiași părți a difuzoarelor noi.

Ele sînt executate din OL 38, la două semne de prelucrare.

Singura dificultate la realizarea acestei piese a fost păsuirea lor exactă în difuzorul existent.

Flanșe de susținere — pozițiile (*9*). Aceste piese sînt executate astfel încît să calce perfect peste flanșa de la ieșirea din difuzor și să aibă un orificiu egal cu cel nou pentru secțiunea de ieșire din difuzor. Aceste flanșe sînt strînse între difuzor și răcitor.

Materialul folosit este OL 38.

Piesa de reglaj — pozițiile (*8*). Această piesă este identică pentru ambele trepte.

Ea este cilindrică și filetată exterior cu filetul piesei vechi de reglaj (*G3*) pentru a putea intra în piesa intermediară de susținere existentă.

Gaura interioară e filetată *M33*, astfel încît să fie perfect concentrică cu filetul exterior.

Piesa este, de asemenea, prevăzută cu două găuri Ø 6, prin care trece furca axului de reglaj.

Materialul întrebuințat a fost OL 42.

Axul de reglaj — pozițiile (*4*). Axul este compus dintr-un ax propriu-zis Ø 20 ce traversează presetupa camerei de abur și dintr-o furcă cu două brațe, ce intră în găurile Ø 6 ale piesei de reglaj.

Axul este identic pentru ambele trepte și confecționat din OL 42.

Punerea în funcțiune și reglajul instalației

Ejectorul principal a fost pus în funcțiune după ce turbina a fost pornită și menținută la mers în gol. În timpul pornirii turbinei vidul în condensator a fost realizat cu ajutorul ejectorului auxiliar (cca. 550 mm Hg). Pentru punerea în condiții cît mai bune de lucru, s-a deschis complet recirculația condensatului principal prin răcitorii ejectorului de lucru.

Prima încercare s-a efectuat cu vana de aer a ejectorului de lucru închisă. S-a pornit, mai întîi, treapta a II-a și apoi treapta I, reducînd presiunea aburului de lucru pentru ambele trepte la 11 ata.

S-a trecut apoi la reglarea poziției ajutajelor : mai întîi treapta a II-a și apoi treapta I, în vederea obținerii vidului maxim realizabil pe trepte.

În timpul reglării treptei I, după cca. 5—10 minute de funcționare, s-a constatat o oscilație a vidului creat de către ejector, mai pronunțată la treapta a II-a, iar fișiitul normal al ejectorului a devenit intermitent.

Aceste fenomene au indicat o golire necorespunzătoare a condensatului din răcitorul treptei I în condensator, din cauza realizării unui vid scăzut de către ejectorul de pornire.

Astfel a trebuit deschisă vana de aer a ejectorului de lucru și închisă aceea a ejectorului auxiliar, pentru a îmbunătăți vidul în condensator.

În urma manevrei, vidul a început să crească un timp, însă nu a atins valoarea obținută la funcționarea cu vana de aer închisă (înaintea începerii reglajului) de cca. 725 mm Hg la 766 mm Hg presiune atmosferică, ci numai cca. 690 mm Hg, iar după aceea a început să scadă din nou.

Fenomenul indica o pătrundere de aer, relativ mare, în condensator.

Într-adevăr, examinînd circuitul de absorbție al ejectorului, s-a constatat că vana de aer cu etanșare hidraulică nu mai avea apă suficientă la presetupă. După înlăturarea acestei cauze, vidul a crescut și a fost posibilă reglarea în continuare a treptei I.

Pentru fiecare schimbare a poziției ajutajului treptei I trebuia repus în funcțiune ejectorul auxiliar și oprită admisia aburului în ejectorul de lucru.

După terminarea reglajului, s-a pus generatorul grupului în paralel și a fost încărcat progresiv pînă la sarcina nominală. În același timp, a fost închisă și recirculația de condensat prin răcitorii ejectorului.

Astfel, la sarcina de 3 MV pe grup, s-a obținut un vid de 0,05 ata, cu aburul de lucru avînd presiunea de 11 ata și un debit de cca. 160 kg/h.

Încălzirea condensatului propriu al turbinei (cu recirculația închisă) în răcitorii ejectorului a fost de 6°C.

Vidul realizat corespunde cu cel optim indicat de fabrica furnizoare, cu parametrii și debitul aburului de lucru impuși în calcul.

Avantajele instalației realizate

Prin modificarea ejectoarelor de la turbinele nr. 3 și 4 de construcție „CMR" de la CTE Brăila, se obține o reducere a consumului specific de căldură, datorită următoarelor fenomene :

— prin reducerea consumului de abur al ejectorului, se micșorează preîncălzirea condensatului principal al turbinei în răcitorii ejectorului, de la un interval de cca. 36 la 6°C. Această preîncălzire este neeconomică, dat fiind că se face practic cu abur viu, ce nu a produs lucru mecanic în turbină.

Diferența de preîncălzire de la 36 la 6°C este preluată în noua situație de către degazor, unde

condensatul se preîncălzește cu abur de priză, ceea ce produce o îmbunătățire a randamentului ciclului termic ;

— o a doua reducere a consumului specific se obține prin îmbunătățirea vidului în condensatoare de la cca. 0,06 la 0,05 ata.

Calculul economiilor

a) *Economii datorite preîncălzirii regenerative.* Făcînd calculul ciclului termic al turbinelor, rezultă o scădere a consumului specific de căldură datorită creșterii intervalului de preîncălzire regenerativă cu 30°C de cca. 67 kcal/kWh.

b) *Economii datorite îmbunătățirii vidului în condensator.* Căderea adiabatică de entalpie în turbină, în vechea situație de funcționare la 0,06 ata în condensator era $H_0 = 263{,}4$ kcal/kg.

În noua situație de funcționare, la 0,05 ata în condensator, căderea adiabatică devine $H_0' = 268{,}4$ kcal/kg.

Creșterea căderii adiabatice este de :

$$\Delta H_0 = \frac{H_0' - H_0}{H_0} \times 100 = \frac{268{,}4 - 263{,}4}{263{,}4} \times 100 = 1{,}9\%.$$

Cu acest procentaj crește randamentul ciclului și scade în consecință consumul specific de căldură.

La 4 500 kcal/kWh consum specific mediu, această scădere reprezintă cca. 85 kcal/kWh.

Însumarea celor două categorii de economii ce reprezintă economia totală obținută pe ciclul turbinelor 3 și 4, datorită modificării ejectoarelor, este de 67 + 85 = 152 kcal/kWh.

La o putere calorifică inferioară a combustibilului consumat de centrală — păcură — de 9 400 kcal/kg și o utilizare anuală a puterii maxime a turbinelor nr. 3 și 4 de cca. 5 000 ore, economiile la ambele turbine devin : cca. 146 000 lei/an.

Investițiile necesare acestor transformări se cifrează la cca. 5 000 lei, ceea ce indică o soluție extrem de avantajoasă.

Realizarea economiilor antecalculate a fost confirmată în cursul exploatării.

La aceasta trebuie adăugat că transformările au fost efectuate cu un volum relativ redus de lucrări, în atelierele proprii ale centralei și cu personalul acesteia.

Montarea și încercările noilor ejectoare au fost concepute astfel, încît au necesitat un minimum de ore de oprire a grupurilor : pentru o turbină au fost necesare 2 × 24 ore.

Bibliografie

[1] Bliudov V. P. : *Instalații de condensare a turbinelor de abur.* Edit. Energetică de Stat, 1954.

[2] Vladea : *Calculul ejectoarelor.* Energetica nr. 1 și 2, 1953.

PENTRU TÎNĂRUL INGINER

Organizarea calculelor rețelelor buclate de joasă tensiune prin metoda condensatoarelor fictive folosind calculatoare electronice și mașini de calcul de birou

Ing. *W. SCHAPIRA*

1. Date generale

Începînd din anul 1957 s-au făcut la I.S.P.E. și I.R.E.B. numeroase calcule pentru determinarea repartiției de curenți — în regim normal și de avarie — în rețeaua de joasă tensiune funcționînd buclat pe sectoare mari. Aceste calcule aveau drept scop determinarea strangulărilor existente în cazul ieșirii din funcțiune a unui element de rețea — cablu, transformator (sau post de transformare), cablu distribuitor — și indicarea măsurilor care trebuie luate pentru evitarea eventualelor suprasarcini care ar putea solicita unele din elementele rețelei rămase în funcțiune. Determinarea curenților de scurtciruit apărea ca utilă pentru a se putea verifica dacă valorile acestora sînt cuprinse între limitele de 2 — 20 kA necesare pentru buna desfășurare a fenomenului de autoizolare, care s-a avut în vedere a fi folosit pentru protecția cablurilor.

Numărul de ramuri, noduri și surse al sectoarelor avînd o densitate superficială de sarcină care poate fi luată în considerare pentru funcționarea strîns buclată variază respectiv între 92, 41 și 16 la cel mai întins sector și 18, 7 și 13 la cel mai redus ca suprafață ; valoarea medie este de 45 ramuri, 21 noduri și 11 surse.

Pentru determinarea circulației de curenți într-o astfel de rețea se puteau utiliza :

1. Modelul de rețea de curent continuu existent la I.S.P.E.
2. Calculatoarele numerice CIFA 1 sau CIFA 2 ale Institutului de Fizică Atomică.

S-a eliminat de la început posibilitatea folosirii riglei de calcul sau a mașinilor de calcul de birou ținînd seama de volumul mare de lucru necesar în acest caz. Deoarece anumite sectoare mari nu încăpeau în întregime pe modelul de rețea, iar secționarea lor ar fi condus la numeroase complicații (pentru analiza diferitelor regimuri în care ar fi fost necesară

cunoașterea anumitor caracteristici ale elementelor eliminate), s-a hotărît utilizarea calculatorului numeric, pentru determinarea parametrilor rețelei.

Pentru alegerea metodei de calcul utilizabilă în acest scop, s-a făcut o analiză comparativă a caracteristicilor diferitelor metode cunoscute, ca de exemplu : metoda transfigurării, metoda secționării rețelelor combinată cu transfigurarea, metoda perechilor de noduri, metoda circuitelor independente cu luarea în considerare a sarcinilor, metoda aproximațiilor succesive (Melnikov) și metoda condensatoarelor fictive. Alegerea s-a oprit asupra ultimei, care este relativ nouă și după cum se va vedea în continuare, avantajoasă pentru calculele de acest gen.

În cele ce urmează se va descrie pe scurt metoda condensatoarelor fictive și se va arăta felul în care au fost organizate calculele pentru a se obține prin operații cît mai puține și simple cu ajutorul unei nomograme și al unor tabele rezultatele căutate (tensiunile în noduri și curenții în ramuri) ; totodată se va arăta modul de calcul cu ajutorul căruia în anumite condiții și la rețele nu prea complicate se pot obține în timp scurt rezultate bune, folosind mașina de calcul de birou.

2. Metoda condensatoarelor fictive

Această metodă de calcul al rețelelor, dezvoltată relativ recent, poate fi utilizată atît pentru determinarea curenților de scurtcircuit cît și pentru regimurile normale de funcționare.

2.1. Calculul puterii de scurtcircuit

2.1.1. *Determinarea puterilor proprii de scurtcircuit ale diferitelor elemente de rețea.* Fie un element oarecare de rețea (generator, transformator, bobină de reactanță sau linie electrică), cu reactanță proprie x și rezistență neglijabilă, conectat la o sursă de putere infinită ($P = \infty$, U = cst).

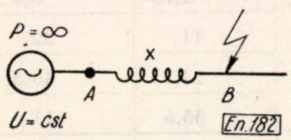


Fig. 1.

Legînd capetele acestei reactanțe în scurtcircuit (fig. 1), puterea care va trece prin ea va fi :

$$P_k = \sqrt{3}\, U_n\, I_k = \frac{U_n^2}{X} \qquad (1)$$

Expresia $P_k = \dfrac{U_n^2}{X}$ reprezintă puterea proprie de scurtcircuit a elementului avînd reactanța proprie de x Ω/fază legat la o sursă de tensiune constantă.

Puterea proprie de scurtcircuit a unui transformator, de exemplu, se calculează determinînd reactanța X din expresia tensiunii de scurtcircuit

$$e_{tr}\,\% = \frac{X_{tr}\, P_n\, 100}{U_n^2}$$

de unde se obține

$$X_{tr} = \frac{e_{tr}\,\%\, U_n^2}{P_n \cdot 100} . \qquad (2)$$

În mod analog se obțin puterile proprii de scurtcircuit pentru celelalte elemente ale rețelei ; ele sînt redate în tabela 1.

În relațiile de mai sus și în tabela 1 s-au folosit următoarele notații :

$e_{tr}\,\%$, $e_{gen}\,\%$ și $e_{bob}\,\%$ — tensiunile de scurtcircuit ale transformatorului, generatorului sau bobinei (%) ;

X — reactanța elementului respectiv (ohmi) ;

U_n — tensiunea nominală a elementului de rețea (kV) ;

P_{gen}, P_{tr}, P_{bob} — puterea nominală, respectiv de trecere a generatorului și transformatorului, respectiv a bobinei (MVA).

În cazul folosirii unităților de mai sus, puterea proprie de scurtcircuit P_k va fi exprimată în MVA. Deoarece în schemele de calcul ale unei rețele elementele acesteia sînt de obicei legate în serie, în paralel sau în diferite alte configurații geometrice, este necesar să se arate forma pe care o iau expresiile reduse ale acestor circuite, atunci cînd parametrii lor sînt exprimați prin puteri proprii de scurtcircuit.

Fie de exemplu un generator (P_1 și $e_{gen}\,\%$), legat în serie cu un transformator (P_2 și $e_{tr}\,\%$) ca în fig. 2.

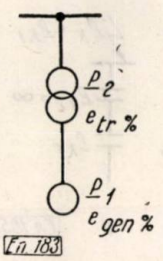


Fig. 2.

Reactanțele generatorului și transformatorului sînt :

$$\left.\begin{aligned} X_{gen} &= \frac{e_{gen}\,\%\, U_n^2}{P_1 \cdot 100} \\ \text{și} \qquad X_{tr} &= \frac{e_{tr}\,\%\, U_n^2}{P_2 \cdot 100} \end{aligned}\right\} \qquad (4)$$

Reactanța totală a circuitului devine :

$$X = X_{gen} + X_{tr} = \frac{e_{gen}\,\%\, U_n^2}{P_1 \cdot 100} + \frac{e_{tr}\,\%\, U_n^2}{P_2 \cdot 100} . \qquad (5)$$

Dacă aceste două elemente de rețea legate în serie s-ar înlocui printr-un generator echivalent cu reactanța x și puterea P_1, acesta ar avea tensiunea de scurtcircuit :

$$e_{gen \cdot ech}\,\% = \frac{X P_1 100}{U_n^2} = \frac{P_1 100}{U_n^2}\left[\frac{e_{gen}\,\% U_n^2}{P_1 100} + \frac{e_{tr}\,\% U_n^2}{P_2 \cdot 100}\right] =$$

$$= e_{gen}\,\% + e_{tr}\,\% \frac{P_1}{P_2} \; ; \qquad (6)$$

Puterile proprii de scurtcircuit ale diferitelor elemente de rețea *Tabela 1*

Generator	Transformator	Linie	Bobină	Observații
$\dfrac{P_{gen}}{e_{gen}\,\%} 100$	$\dfrac{P_{tr}}{e_{tr}\,\%} 100$	$1{,}1 \dfrac{U_n^2}{X_e}$	$1{,}1 \dfrac{P_{bob}\ 100}{e_{bob}\,\%}$	La calculul puterii proprii de scurtcircuit a liniei sau bobinei de reactanță s-a considerat $U_r = 1{,}05\ U_n$

Introducînd valoarea reactanței transformatorului din (2) în (1) se obține

$$P_{ktr} = \frac{U_n^2}{X} = \frac{P_{tr}}{e_{tr}\,\%}\, 100 . \qquad (3)$$

Puterea proprie de scurtcircuit a unui astfel de generator va fi

$$P_k = \frac{U_n^2}{X} =$$

$$= \frac{U_n^2\, P_1 100}{U_n^2\, e_{gen \cdot ech}\,\%} = \frac{P_1 100}{e_{gen}\,\% + e_{tr}\,\% \dfrac{P_1}{P_2}} = \frac{P_{k\,gen}' \times P_{k\,tr}}{P_{k\,gen} + P_{k\,tr}} \qquad (7)$$

unde $P_{k\,gen}$ și $P_{k\,tr}$ sînt puterile proprii de scurtcircuit ale generatorului și transformatorului inițial.

Relația (7) arată că valoarea inversă a puterii proprii de scurtcircuit a ansamblului rezultat din legarea în serie a unui generator cu un transformator se obține prin adunarea valorilor inverse ale puterilor proprii de scurtcircuit ale fiecărui element. Acest rezultat conduce la interpretarea că puterile proprii de scurtcircuit ale unor reactanțe pot fi echivalate cu capacități fictive; astfel elementele din fig. 2 pot fi reprezentate prin două condensatoare fictive, fiecare avînd capacitatea egală cu puterea proprie de scurtcircuit a elementului pe care îl reprezintă (fig. 3).

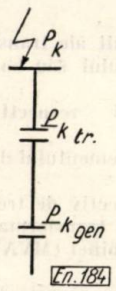


Fig. 3.

Pentru calculul rețelei se înlocuiesc deci reactanțele cu capacități obținîndu-se astfel o rețea de condensatoare.

În fig. 4 se arată cîteva cazuri particulare de legare în serie a două condensatoare a căror capacitate este numeric egală cu puterea proprie de scurtcircuit a unor elemente de rețea. Astfel se vede că puterea de scurtcircuit rezultantă a celor două elemente este nulă atunci cînd unul dintre ele este nul (reactanță infinită) și este egală cu valoarea unuia dintre

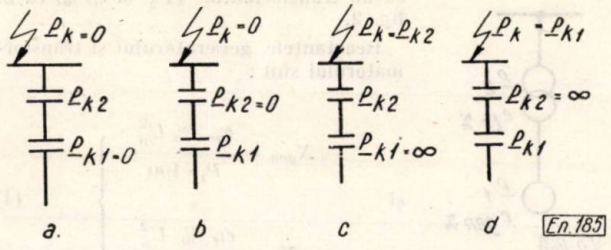


Fig. 4.

ele atunci cînd puterea de scurtcircuit proprie a celuilalt devine infinită. În realitate cazul din fig. 4 *c* poate apărea atunci cînd o sursă de putere practic infinită debitează printr-un transformator (P_{k2}) pe o bară, iar cazul din fig. 4 *d* atunci cînd o sursă (P_{k1}) debitează printr-o reactanță practic neglijabilă.

Pentru calculul unei rețele se trece deci mai întîi la determinarea puterilor proprii de scurtcircuit ale elementelor

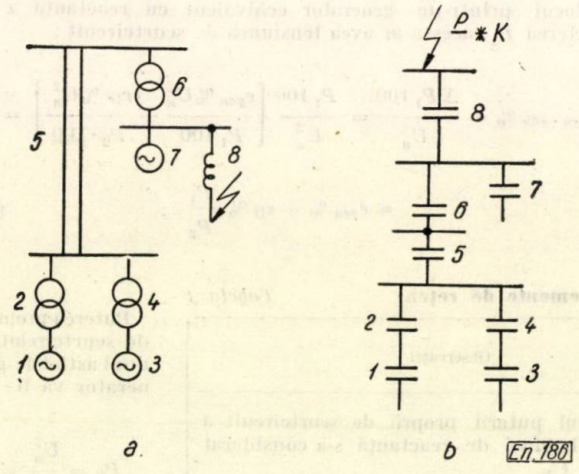


Fig. 5.

ei (după formulele din tabela 1) și se întocmește schema corespunzătoare înlocuindu-se reactanțele cu condensatoarele fictive. Puterea de scurtcircuit rezultantă se poate obține prin legarea în serie sau paralel a condensatoarelor (fig 5. *a*, *b*).

Pentru transfigurarea rețelelor de condensatoare fictive se utilizează formulele (8) și (9) (fig. 6):

— la transformarea unui triunghi într-o stea echivalentă:

$$P_{k1} = P_{k12} + P_{k13} + \frac{P_{k12} \cdot P_{k13}}{P_{k23}} \qquad (8)$$

— la transformarea unei stele într-un triunghi echivalent

$$P_{k12} = \frac{P_{k1} \cdot P_{k2}}{P_{k1} + P_{k2} + P_{k3}} \qquad (9)$$

Celelalte valori se obțin prin permutări circulare. În tabela 2 se indică valorile puterilor proprii de scurtcircuit pentru linii electrice aeriene de înaltă tensiune (1).

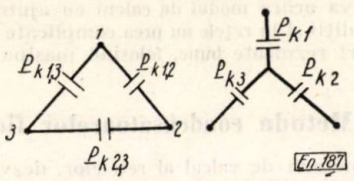


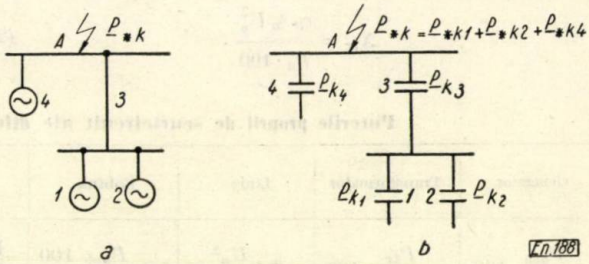
Fig. 6.

Tabela 2

Puterile proprii de scurtcircuit ale liniilor electrice aeriene

Tensiunea rețelei (kV)		Reactanța unitară (/Ωkm)	P_k (MVA/100 km)	
			Simplu circuit	Dublu circuit
10		0,4	2,75	5,5
20			11	22
30			24,7	49,5
45			55,5	111
60			99	198
110			333	666
220			1 330	2 660
380	. .	0,35	4 530	—
	: :	0,28	5 660	—

2.1.2. *Determinarea puterii de scurtcircuit în cazul unor rețele simple.* Fie rețeaua din fig. 7, *a* pentru care se cere determinarea puterii de scurtcircuit în punctul *A*. La această



F g. 7.

putere de scurtcircuit contribuie centralele *1* și *2* care debitează pe o bară comună și au puterea proprie de scurtcircuit P_{k1} respectiv P_{k2} și centrala *4* de putere P_{k4}. Puterea de scurtcircuit totală în punctul *A* se notează cu P_{*k}, iar componentele ei, corespunzînd aportului diferitelor centrale cu P_{*k1}, P_{*k2} și P_{*k3}.

Puterea de scurtcircuit produsă de cele două centrale *1* și *2* în punctul de defect va fi

$$P_{*k1+2} = \frac{(P_{k1} + P_{k2})\, P_{k3}}{P_{k1} + P_{k2} + P_{k3}} = \frac{P_{k1}\, P_{k3}}{P_{k1} + P_{k2} + P_{k3}} + \frac{P_{k2}\, P_{k3}}{P_{k1} + P_{k2} + P_{k3}} \qquad (10)$$

Din expresia (10) se vede că aportul centalelor *1* și *2* este respectiv

$$P_{*k1} = \frac{P_{k1}\, P_{k3}}{P_{k1} + P_{k2} + P_{k3}} \quad \text{și} \quad P_{*k2} = \frac{P_{k2}\, P_{k3}}{P_{k1} + P_{k2} + P_{k3}} \qquad (11)$$

Expresiile (11) puteau fi obținute și direct prin transformarea stelei formată din capacitățile *1*, *2* și *3* într-un triunghi echivalent; aportul centralei *4* este $P_{*k4} = P_{k4}$.

Rezolvarea acestei probleme ca și a altora analoge devine mult mai simplă dacă se utilizează metoda grafică propusă de prof. Schweiger [3]. Astfel, pentru rețeaua din fig. 5 s-a elaborat construcția grafică din fig. 8; aceasta s-a făcut în felul următor: la stînga punctului 0 la o scară potrivit aleasă se trec valorile puterilor proprii de scurtcircuit ale elementelor rețelei (P_{k1}, P_{k2}... P_{kn}). Punctele indicînd aceste valori se unesc cu un pol ales arbitrar pe axa ordonatelor. Paralele la aceste drepte formează diagonalele dreptunghiurilor care reprezintă condensatoarele fictive. Astfel se duce din punctul *0* o paralelă la dreapta care unește polul ales pe axa ordonatelor cu punctul de pe abscisă reprezentînd puterea proprie de scurtcircuit a elementului *1*, P_{k1}. Se alege arbitrar o lungime pentru baza dreptunghiului reprezentînd elementul *1* (dreptunghiul hașurat). Prin diagonala și lungimea bazei, dreptunghiul reprezentativ al elementului *1* este complet determinat și odată cu el dreptunghiurile celorlalte elemente. Astfel, dreptunghiurile reprezentînd elemente montate în serie (ca de exemplu *1* și *2*) se figurează unul deasupra celuilalt, iar dreptunghiurile reprezentînd elemente în paralel unul alături de celălalt. Toată rețeaua este reprezentată prin dreptunghiul *OABC*, a cărui diagonală se trasează(*OB*). Ducînd o paralelă din polul ales la diagonala *OB*, se obține pe axa absciselor valoarea puterii de scurtcircuit P_{*k} în punctul de calcul. Construcția prezintă deosebitul avantaj că permite să se determine repartiția puterilor de scurtcircuit pe diferitele elemente care contribuie la formarea ei. Astfel, dacă se cunoaște valoarea totală a puterii de scurtcircuit P_{*k}, se obține aportul diferitelor centrale prin împărțirea proporțională a axei absciselor $OA = P_{*k}$ asupra surselor *1*, *3* și *7*.

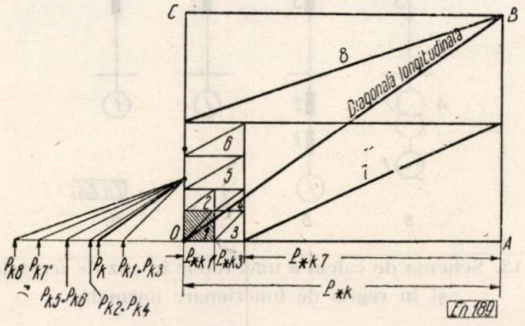


Fig. 8.

În literatură metoda grafică este descrisă pe larg cu numeroase exemple aplicabile și la rețele avînd configurații mult mai complicate [3, 4].

2.1.3. *Determinarea puterii de scurtcircuit în cazul unor rețele complexe.* Metoda condensatoarelor fictive poate fi aplicată ușor și cu bune rezultate pentru calculul puterilor de scurtcircuit în cazul unor rețele cu multe laturi și noduri funcționînd buclat. Ecuația de bază se poate deduce cu ușurință din fig. 9. Notînd cu P_1, P_2 și P_3 valorile cunoscute ale potențialelor capetelor stelei și cu P valoarea căutată, se poate scrie legea *I* a lui Kirchhoff pentru acest nod:

$$(P_1 - P)\, Y_1 + (P_2 - P)\, Y_2 + (P_3 - P)\, Y_3 = 0$$

Din această relație se obține:

$$-P(Y_1 + Y_2 + Y_3) + P_1\, Y_1 + P_2\, Y_2 + P_3\, Y_3 = 0 \qquad (12)$$

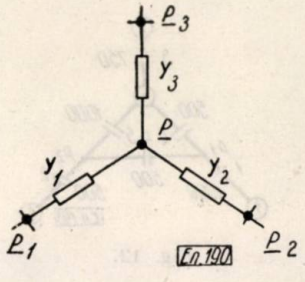


Fig. 9.

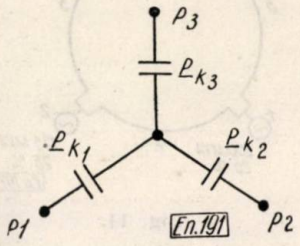


Fig. 10.

Relația (12) reprezintă ecuația fundamentală a metodei de calcul. Legătura cu metoda condensatoarelor fictive se face prin următorul raționament:

Curentul de scurtcircuit care trece printr-un element al circuitului defect (cu tensiunile U_1 și U_2 la capete) are valoarea:

$$I_k = \frac{1{,}05\,(U_1 - U_2)}{\sqrt{3}\, X} \qquad (13)$$

unde X este reactanța acestei porțiuni.

Știind că puterea de scurtcircuit care circulă prin acest element este:

$$P_{*k} = \sqrt{3}\, I_k\, U_r = \sqrt{3}\, I_k \frac{U_n}{1{,}05} = \left(\frac{U_1}{U_n} - \frac{U_2}{U_n}\right) \frac{U_n^2}{X} \qquad (14)$$

unde U_r este tensiunea de funcționare a rețelei și care se consideră $U_n = 1{,}05\ U_r$ și notînd rapoartele tensiunilor $\frac{U_i}{U_n} = p_i$, unde p_i poartă denumirea de coeficient de potențial, se obține din relația (14):

$$P_{*k} = (p_1 - p_2)\, P_k \qquad (15)$$

Relația (15) arată că aportul unui element de rețea la puterea totală de scurtcircuit este egal cu puterea proprie de scurtcircuit a elementului respectiv, înmulțită cu diferența coeficienților de potențial de la cele două capete ale sale.

Din cele de mai sus rezultă că ecuația fundamentală (13) poate fi scrisă sub următoarea formă (cu notațiile din fig. 10):

$$-p\,(P_{k1} + P_{k2} + P_{k3}) + p_1\, P_{k1} + p_2\, P_{k2} + p_3\, P_{k3} = 0 \qquad (16)$$

Din această ecuație se obține valoarea necunoscută a coeficientului p. Dacă rețeaua are n noduri de tensiune necunoscută se scrie un sistem de n ecuații din a cărui rezolvare se obțin coeficienții de potențial $p_1, p_2, \ldots, p_n$.

Ecuațiile au următoarea formă:

$$\left.\begin{aligned} -p_1 \sum_{i=1}^{n} (P_k)_{1i} + p_2 (P_k)_{12} + \ldots\ldots + p_n (P_k)_{1n} &= 0 \\ p_1 (P_k)_{21} - p_2 \sum_{i=1}^{n} (P_k)_{2i} + \ldots + p_n (P_k)_{2n} &= 0 \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots & \\ p_1 (P_k)_{n1} + p_2 (P_k)_{n2} + \ldots\ldots - p_n \sum_{i=1}^{n} (P_k)_{ni} &= 0 \end{aligned}\right\} \qquad (17)$$

Valorile $(P_k)_{ii}$ reprezintă reactanțe transversale, inductive sau capacitive (bobine de compensare, capacități etc.) montate chiar în nodurile respective; în general acestea pot fi neglijate. Matricea coeficienților cifrelor de potențial este simetrică față de diagonală, ținînd seamă că $(P_k)_{12}=(P_k)_{21}$; în practică numeroși coeficienți vor fi egali cu zero, deoarece nu există legături între toate nodurile rețelei.

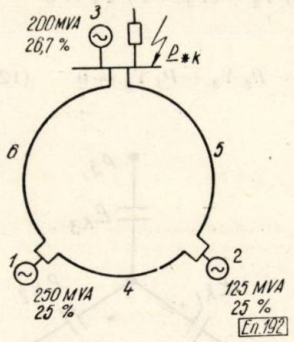


Fig. 11.

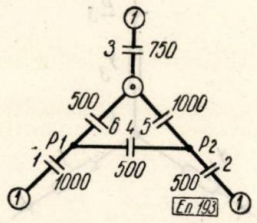


Fig. 12.

Pentru ilustrarea aplicării metodei condensatoarelor fictive la o rețea complexă se va calcula un exemplu arătat în schema din fig. 11 . Mersul calculului se recomandă a fi următorul:

1. Se face schița rețelei exprimînd elementele ei în condensatoare fictive (fig. 12).

2. Se notează sursele de putere cu $p = 1$, iar locul de defect cu $p = 0$.

3. Se numerotează nodurile și ramurile rețelei, fiind indicat a se nota și valoarea puterii proprii de scurtcircuit.

4. Se scriu și se rezolvă ecuațiile de tip (17) pentru fiecare nod.

5. Se face calculul aportului P_{*k} la puterea totală în scurtcircuit a diferitelor surse și se determină valoarea totală a puterii de scurtcircuit.

Pentru exemplul din fig. 12 ecuațiile nodurilor sînt următoarele:

$$-(1\,000 + 500 + 500)\,p_1 + 500\,p_2 + 1\,000.1 + 500.0 = 0$$
$$500\,p_1 - (1\,000 + 500 + 500)\,p_2 + 500.1 + 1\,000.0 = 0$$

Simplificate, ecuațiile au forma

$$\left.\begin{aligned} -2\,p_1 + 0{,}5\,p_2 + 1 &= 0 \\ 0{,}5\,p_1 - 2\,p_2 + 0{,}5 &= 0 \end{aligned}\right\} \qquad (18)$$

Rezolvînd sistemul (18) se obține $p_1 = 0{,}6$ și $p_2 = 0{,}4$. Cu ajutorul celor doi coeficienți de potențial se obține puterea totală de scurtcircuit în punctul de defect. Aceasta va fi:

$$(P_k)_3\,(1 - 0) + (P_k)_6\,(p_1 - 0) + (P_k)_5\,(p_2 - 0) =$$
$$750.1 + 500.0{,}6 + 1\,000.0{,}4 = 1\,450 \text{ MVA}.$$

Aportul fiecărei centrale poate fi determinat astfel:

$$(P_{*k})_1 = (P_k)_1\,(1 - p_1) = 1\,000\,(1 - 0{,}6) = 400 \text{ MVA}.$$
$$(P_{*k})_2 = (P_k)_2\,(1 - p_2) = \quad 500\,(1 - 0{,}4) = 300 \text{ MVA}.$$

Între nodurile *1* și *2* circulă puterea

$$(P_k)_4\,(p_1 - p_2) = 500\,(0{,}6 - 0{,}4) = 100 \text{ MVA}.$$

Metoda condensatoarelor fictive poate fi utilizată și pentru calculul rețelelor complexe. În acest caz, luînd ca origine de fază $(\overline{U}_r = U_r)$, relațiile (13) și (14) devin:

$$\overline{I}_k = \frac{1{,}05\,(\overline{U}_1 - \overline{U}_2)}{\sqrt{3}\,\overline{Z}} \qquad (13\text{ a})$$

$$\overline{P}_{*k} = \sqrt{3}\,\overline{I}_k\,U_r = \left(\frac{\overline{U}_1}{U_r} - \frac{\overline{U}_2}{\overline{U}_r}\right)\frac{1_1 1\,U_r^2}{\overline{z}} = (\overline{p}_1 - \overline{p}_2)\,\overline{P}_k \qquad (14\text{ a})$$

Dacă în locul tensiunii de funcționare a rețelei se folosește tensiunea nominală a rețelei, forma relațiilor rămîne aceeași.

Puterea de scurtcircuit care trece printr-un element de rețea este în acest caz

$$\overline{P}_{*k} = P_{*kr} - j\,P_{*ki} \qquad (19)$$

Modulul acestei valori este:

$$|P_{*k}| = \sqrt{P_{*kr}^2 + P_{*ki}^2} \text{ MVA}.$$

Valoarea curentului de scurtcircuit va fi:

$$|I_k| = \frac{|P_{*k}|}{\sqrt{3}\,U_r}.$$

Ecuația (16) devine în acest caz:

$$-\overline{p}\,(\overline{P}_{k1} + \overline{P}_{k2} + \overline{P}_{k3}) + \overline{p}_1\,\overline{P}_{k1} + \overline{p}_2\,\overline{P}_{k2} + \overline{p}_3\,\overline{P}_{k3} = 0 \qquad (16a)$$

3. Calculul rețelelor în regim normal de funcționare

Metoda condensatoarelor fictive poate fi utilizată cu succes și pentru calculul rețelelor buclate în regim normal de funcționare. Deosebirile de care trebuie să se țină seamă în cazul unei rețele cu un defect față de o rețea în funcționare normală sînt în linii mari următoarele:

— La scurtcircuit interesează îndeosebi curentul total de defect și repartiția lui pe centrale, pe cînd la funcționare normală repartiția curentului pe elemente de rețea și căderile de tensiune.

— La scurtcircuit se ia în considerare numai o singură sarcină — aceea de la locul de defect — pe cînd în regim normal de funcționare trebuie să se țină seama de toate sarcinile existente.

— La scurtcircuit se iau în considerare impedanțele grupurilor din centrale, pe cînd în regim de funcționare normală

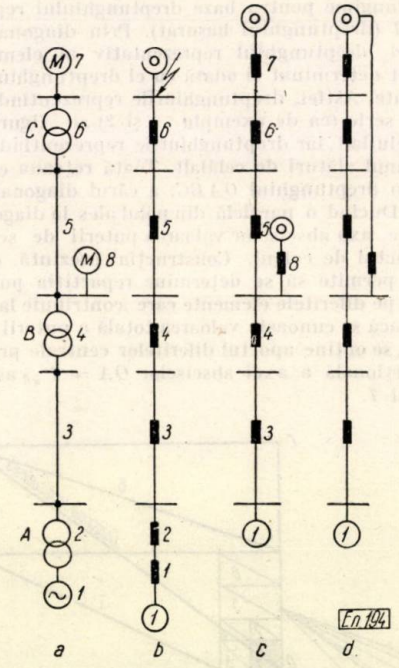


Fig. 13. Schema de calcul a unei rețele în caz de scurtcircuit și în regim de funcționare normală.

se poate considera în anumite ipoteze tensiunea rigidă la bare (U = cst), deci se pot neglija impedanțele generatoarelor sau ale transformatoarelor. În acest caz barele de alimentare vor avea $U = 1$.

În fond, problema care se pune este analogă în ambele regimuri de funcționare: determinarea curenților între punctele avînd $U = 1$ și $U = 0$; deosebirea constă numai în poziția acestor puncte. În fig. 13 se arată schema unei rețele

indicîndu-se elementele care se iau în considerare în calcul în caz de defect și în regim de funcționare normală.

Fie un tronson de rețea avînd tensiunile U_{n1} și U_{n2} (fig. 14). Curentul și puterea care trec prin acest tronson sînt :

$$\overline{I} = \frac{\overline{U}_{n1} - \overline{U}_{n2}}{\sqrt{3}\, z} \tag{20}$$

și

$$\overline{S} = \sqrt{3}\, \overline{U}_n\, \overline{I}_n = \left(\frac{\overline{U}_{n1}}{U_n} - \frac{\overline{U}_{n2}}{U_n} \right) \frac{U_n^2}{Z} = (p_1 - p_2)\, \overline{P}_k$$

Căderea de tensiune pe acest element de rețea este $(\overline{p_1} - \overline{p_2}) = \Delta p + j\, \delta p$, exprimată în valori relative sau

$$\Delta U = \Delta p\, U_n \text{ și } \delta U = \delta p\, U_n \tag{21}$$

exprimată în valori absolute.

Căderea de tensiune totală va fi :

$$\sqrt{\Delta U^2 + \delta U^2} = \sqrt{\Delta p^2 + \delta p^2}\; U_n \tag{22}$$

Dacă sarcinile consumatorilor sînt exprimate prin impedanțele care le reprezintă, căderile de tensiune se determină printr-un calcul analog cu acel din cazul regimului de scurtcircuit : dintr-un sistem de ecuații liniare se află coeficienții de potențial iar din diferențele lor căderile de tensiune. De obicei însă sarcinile sînt exprimate prin puterea pe care o absorb $\overline{S} = P - j\, Q$. În acest caz, expresiile coeficienților de potențial devin complicate. Astfel expresia puterii proprii de scurtcircuit devine

$$\overline{P}_k = \frac{U_n^2}{\overline{z}} = \frac{U_n^2}{\overline{\frac{|U|^2}{S}}} = \frac{\overline{S}}{|p|^2} = \frac{\overline{S}}{p_r^2 + p_i^2} \tag{23}$$

unde $\overline{p} = p_r + jp_i$ reprezintă potențialul complex al barei colectoare a consumatorilor.

Se va arăta printr-un exemplu cît de complicate devin expresiile coeficienților de potențial chiar în cazul cel mai simplu, al unei singure surse legate printr-o linie de un singur consumator (fig. 15). În această situație caracteristicile liniei sînt exprimate prin puterea ei proprie de scurtcircuit,

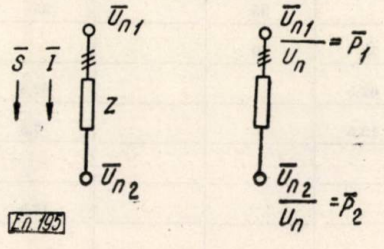


Fig. 14.

$\overline{P_k}$, iar ale consumatorului prin expresia $\frac{\overline{S}}{|p|^2}$. Se poate scrie deci ecuația

$$-\overline{p}\left(\overline{P}_k + \frac{\overline{S}}{|p|^2} \right) + \overline{P}_k\, 1 = 0 \tag{24}$$

Dacă în relația (24) se înlocuiește expresia $\frac{\overline{S}}{\overline{P}_k} = a + j\, b$ și se separă partea reală de cea imaginară se obține următorul sistem de ecuații :

$$\left.\begin{aligned} p_r^3 - p_r^2 + p_r (a + p_i^2) - p_i (b + p_i) = 0 \\ p_i^3 + p_i (a + p_r^2) + b\, p_r = 0 \end{aligned}\right\} \tag{25}$$

După cum se vede din relațiile (25), cazul cel mai simplu al unei rețele apare sub forma a două ecuații de gradul 3 a căror rezolvare este relativ dificilă.

O formă mai simplă, totuși inacceptabilă pentru calculele tehnice s-ar putea obține făcînd înlocuirea $|p|^2 = p_r^2$.

Dacă este necesară o determinare exactă a circulației de puteri, nu rămîne deci altceva de făcut decît a se scrie matricea complicată a sistemului și de a se afla potențialele nodurilor printr-un procedeu de iterațiune.

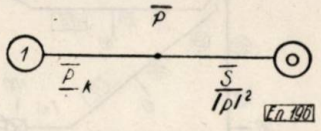


Fig. 15.

După cum se vede metoda condensatoarelor fictive este într-adevăr simplă numai dacă se presupune că sarcina nu variază cu tensiunea.

4. Calculul încărcării elementelor rețelei, în regim normal și de avarie folosind calculatoarele numerice CIFA

Pentru calculul încărcării elementelor rețelelor de j.t. (cabluri și transformatoare) s-a folosit, după cum s-a arătat, metoda condensatoarelor fictive ; rezolvarea sistemelor de ecuații liniare cu numeroase necunoscute s-a făcut cu ajutorul calculatoarelor electronice CIFA-1 și CIFA-2. Pentru a se reduce volumul de calcule și ținînd seama de gradul de precizie pe care îl punea problema s-au acceptat o serie de ipoteze simplificatoare :

1. Sarcina cablurilor de joasă tensiune s-a considerat a fi uniform repartizată pe întreaga lungime a tronsonului ; în acest fel s-a putut considera că întreaga încărcare a unui cablu poate fi reprezentată printr-o sarcină concentrată situată la mijlocul său. Totodată s-a considerat că sarcinile pe faze sînt echilibrate.

2. Tensiunea barelor de joasă tensiune ale posturilor de transformare a fost considerată egală, în valori relative cu $U = 1$, ceea ce revine la 208 V în valoare absolută.

3. Cablurile au fost reprezentate prin impedanțele lor respectiv prin puterile proprii de scurtcircuit ; pentru simplificarea calculelor, toate operațiile cu caracteristicile cablurilor s-au făcut algebric.

4. Sarcinile aruncate în noduri au fost echivalate cu impedanțe, iar acestea reprezentate prin puterile lor proprii de scurtcircuit. În acest fel nu s-a ținut seama de variația sarcinii cu tensiunea, ecuațiile fiind liniare. Trebuie arătat că puterea proprie de scurtcircuit a impedanțelor reprezentînd sarcina este chiar puterea sarcinii exprimată în MVA. În acest fel reprezentarea sarcinii devine foarte simplă.

Necesitatea găsirii unor metode cît mai simple atît pentru scrierea ecuațiilor cît și pentru interpretarea rapidă și ușoară a rezultatelor calculelor efectuate, a condus la elaborarea unor elemente ajutătoare (tabele, nomograme) destinate acestui scop. În cele ce urmează se va descrie, încadrată de exemple, metodologia efectuării calculelor, care se realizează în următoarele etape :

1. Pe baza schiței geografice existente și puse la punct a rețelei se face o primă schemă de calcul. Pe această schemă se notează secțiunea, lungimea și sarcina cablului. O porțiune a acestei scheme (pentru calculul unui sector) este arătată în fig. 16.

2. Se aruncă sarcinile cablurilor în noduri, notîndu-se pentru fiecare dintre ele sarcina totală ce îi revine. În acest scop este utilă folosirea unei tabele avînd capul de coloană și forma din fig. 17.

3. Pe prima schemă de calcul se notează puterea proprie de scurtcircuit a cablului. Ținînd seama că în rețeaua de joasă tensiune sînt cabluri de toate secțiunile, de diverse lungimi și de cupru sau aluminiu, s-a întocmit o tabelă în care se dau puterile proprii de scurtcircuit pentru tronsoanele a căror lungime variază de la 10 la 800 m. Ele au fost calculate pînă la 500 m din 10 în 10 m și de la 500—800 m din 100

în 100 m. În acest fel calculul puterii de scurtcircuit pentru cablurile de joasă tensiune se reduce la o simplă citire pe tabelă.

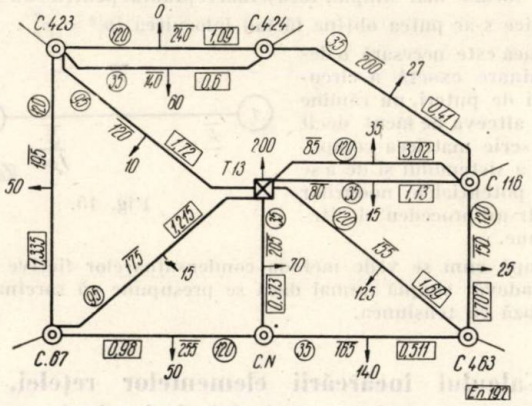


Fig. 16.

Valorile încercuite — secţiunea cablului (mm²), valorile din dreptunghiuri — puteri proprii de scurtcircuit (MVA), valorile barate — lungimea cablului (m).

4. Se trece la execuţia celei de-a doua şi ultime scheme de calcul, care foloseşte la scrierea ecuaţiilor pentru determinarea coeficienţilor de potenţial p_i. În această schemă se reduc legăturile între noduri (formate în realitate din 1, 2 sau mai multe cabluri), la o singură legătură echivalentă (prin simpla însumare a puterilor proprii de scurtcircuit); printr-o operaţie analogă (echivalentă cu legarea în serie a condensatoarelor) se reduc tronsoanele de cabluri de secţiuni diferite legate în serie la o valoare echivalentă.

Notaţia nodurilor se va face în felul arătat în fig. 18. După cum se vede, în interiorul dreptunghiului se trece suma puterilor proprii de scurtcircuit ale elementelor de reţea care converg în nod; în acest fel se asigură posibilitatea de a se scrie în mod simplu ecuaţiile de calcul, ţinînd seama că acestea trebuie retranscrise pentru fiecare regim de funcţionare.

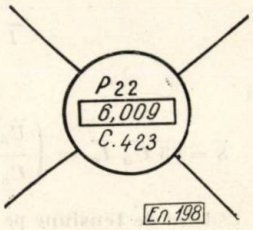


Fig. 18.

Celelalte două notaţii în interiorul cercului care simbolizează nodul şi în exteriorul dreptunghiului cu suma puterilor proprii de scurtcircuit au semnificaţia:

p_i — numărul curent al nodului în schema de calcul;
C, T, N — notaţia corespunzătoare a elementului de reţea (cutie, post de transformare, nişe etc.).

Trebuie subliniat că odată cu scrierea puterilor proprii de scurtcircuit ale elementelor de legătură se trec şi acelea corespunzătoare sarcinilor rezultante din fiecare nod.

În fig. 19 se arată, pentru exemplificare, schema de calcul a unui sector pentru care s-a determinat încărcarea elementelor de reţea în diferite regimuri de funcţionare.

5. Se scriu ecuaţiile pentru determinarea coeficienţilor de potenţial. După cum se vede din fig. 19 în sectorul ales există 32 de noduri, a căror tensiune este necunoscută (p_i, $i = 1 \ldots 32$) şi nouă surse (posturi de transformare) de tensiune $U = 1$. Pentru acest sector s-au analizat în total 12 regimuri de funcţionare şi anume: regimul normal şi 11 regimuri de avarie cuprinzînd ieşirea din funcţionare a posturilor de transformare şi a distribuitoarelor. Ecuaţiile se scriu în formă matricială, avînd expresia:

$$\| a_{ij} \| \, \| p_i \| = \| c_i \|$$

Ramura	Sarcina pe ramură (A)	Sarcina aruncată în Noduri: C. 423 r_{22}	C. 424 p_{23}	C. 116 p_{31}	C. 463 p_{30}	C.N. p_{29}	C_{67} p_{28}	Posturile de transf. T_{13} p_{35}
Sarcina proprie a nodului sau postului								200
C 423—C67	50	25					25	
C 67—T.13	15						7,5	7,5
C.67—C.N.	50					25	25	
C.N.—T 13	70					35		35
C.N.—C.463	140				70	70		
C.463—T.13	125				62,5			62,5
C.463—C.116	25			12,5	12,5			7,5
C.116—T.13	15			7,5				
	35			17,5				17,5
C.116—C.424	27		13,5	13,5				
C.424—C.423	0	0	30					
	60	30	1					
C.423—T.13	10	5						5
Total		35	43,5	51	145	130	57,7	335

Fig. 17. Tabela pentru aruncarea sarcinilor în noduri

unde :

$\| a_{ij} \|$ este matricea simetrică a coeficienților formați din valorile puterilor proprii de scurtcircuit ;

$\| p_i \|$ — vectorul coeficienților de potențial ;

$\| c_i \|$ — vectorul termenilor liberi.

În mod analog se scriu ecuațiile pentru celelalte regimuri de funcționare.

6. Se recepționează rezultatele de la calculatorul numeric și se verifică dacă sînt corecte. Ele sînt prezentate de obicei în forma următoare :

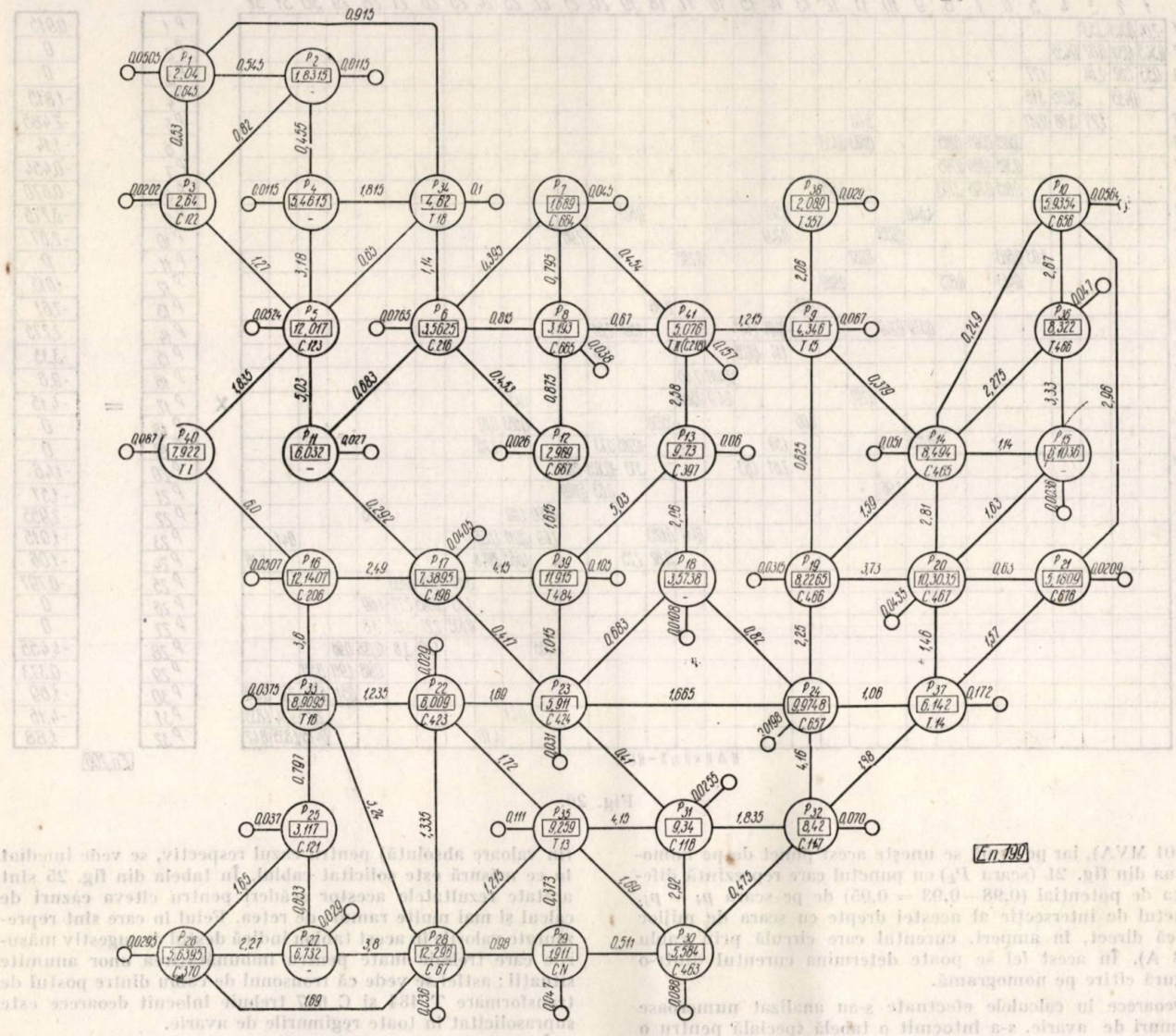


Fig. 19.

Pentru sectorul din fig. 19 sistemul de ecuații pentru regim normal de funcționare este arătat în fig. 20.

Pentru regimul de avarie nu se mai scriu ecuațiile în întregime ci se indică numai acelea care se schimbă sau ecuația care se adaugă. Trebuie observat că la ieșirea din funcțiune a unui post de transformare se adaugă întotdeauna o ecuație (deoarece apare un nod de tensiune necunoscută) și se modifică ecuațiile care conțin elemente ce pleacă de la acest nod. Astfel pentru cazul de avarie în care se consideră ieșirea din funcțiune a postului de transformare T 16 se modifică ecuațiile (16), (22), (25) și (28), care devin :

$$(16) \quad -12{,}1407\ p_{16} + 2{,}49\ p_{17} + 3{,}6\ p_{33} = -6{,}0$$

$$(22) \quad -6{,}009\ p_{22} + 1{,}69\ p_{23} + 1{,}335\ p_{28} + 1{,}235\ p_{33} = -1{,}72$$

$$(25) \quad -3{,}117\ p_{25} + 1{,}65\ p_{26} + 0{,}633\ p_{27} + 0{,}797\ p_{33} = 0$$

$$(28) \quad 1{,}335\ p_{22} + 1{,}69\ p_{26} + 3{,}8\ p_{27} - 12{,}296\ p_{28} + 0{,}98\ p_{29} + 3{,}24\ p_3 = -1{,}215$$

Se adaugă totodată ecuația (33) :

$$(33) \quad 3{,}6\ p_{16} + 1{,}235\ p_{22} + 0{,}797\ p_{25} + 3{,}24\ p_{28} - 8{,}9095\ p_{33} = 0$$

Regimul normal :

0,95008354 ; 0,95142686 ; 0,95230149 ; 0,97567496 ;
0,96883492 ; 0,94973625 ; 0,93882855 ; 0,95162868 ;
0,97881354 ; 0,98066251 ; 0,96334697 ; 0,96931783 ;
0,98987661 ; 0,97847767 ; 0,98932212 ; 0,99371798 ;
0,98976474 ; 0,98158232 ; 0,97350331 ; 0,97753338 ;
0,98218563 ; 0,98378954 ; 0,97918467 ; 0,97617838 ;
0,96050182 ; 0,96170037 ; 0,96519721 ; 0,97564933 ;
0,95449380 ; 0,96867380 ; 0,98149456 ; 0,97411680.

În mod analog se prezintă celelalte regimuri de funcționare.

7. Pentru a se asigura o interpretare rapidă și simplă a rezultatelor obținute de la mașina electronică de calcul s-au construit două elemente auxiliare : o nomogramă cu puncte aliniate și o tabelă specială care scoate în evidență o anumită interpretare care trebuie dată valorilor obținute din prelucrarea rezultatelor.

Nomograma cu puncte aliniate permite calcularea directă la o tensiune dată a curentului care trece printr-un element de rețea (cablu sau linie aeriană), a cărui putere proprie de scurtcircuit se cunoaște și pentru care sînt dați coeficienții

de potențial de la capete. Astfel fie un cablu de 210 m de 3 $\times$ 95 mm^2 Cu legat între două noduri având $p_1 = 0{,}98$ și $p_2 = 0{,}93$. Pentru determinarea curentului care trece prin cablu se citește mai întîi puterea proprie de scurtcircuit a cablului $I_{adm\ fictiv}$ se caută în nomogramă valoarea diferenței $p_i - p_j$ corespunzătoare puterii proprii de scurtcircuit a cablului. Comparînd această valoare cu rezultatul scăderii coeficienților de potențial obținuți de la calculatorul numeric $p_i - p_j$

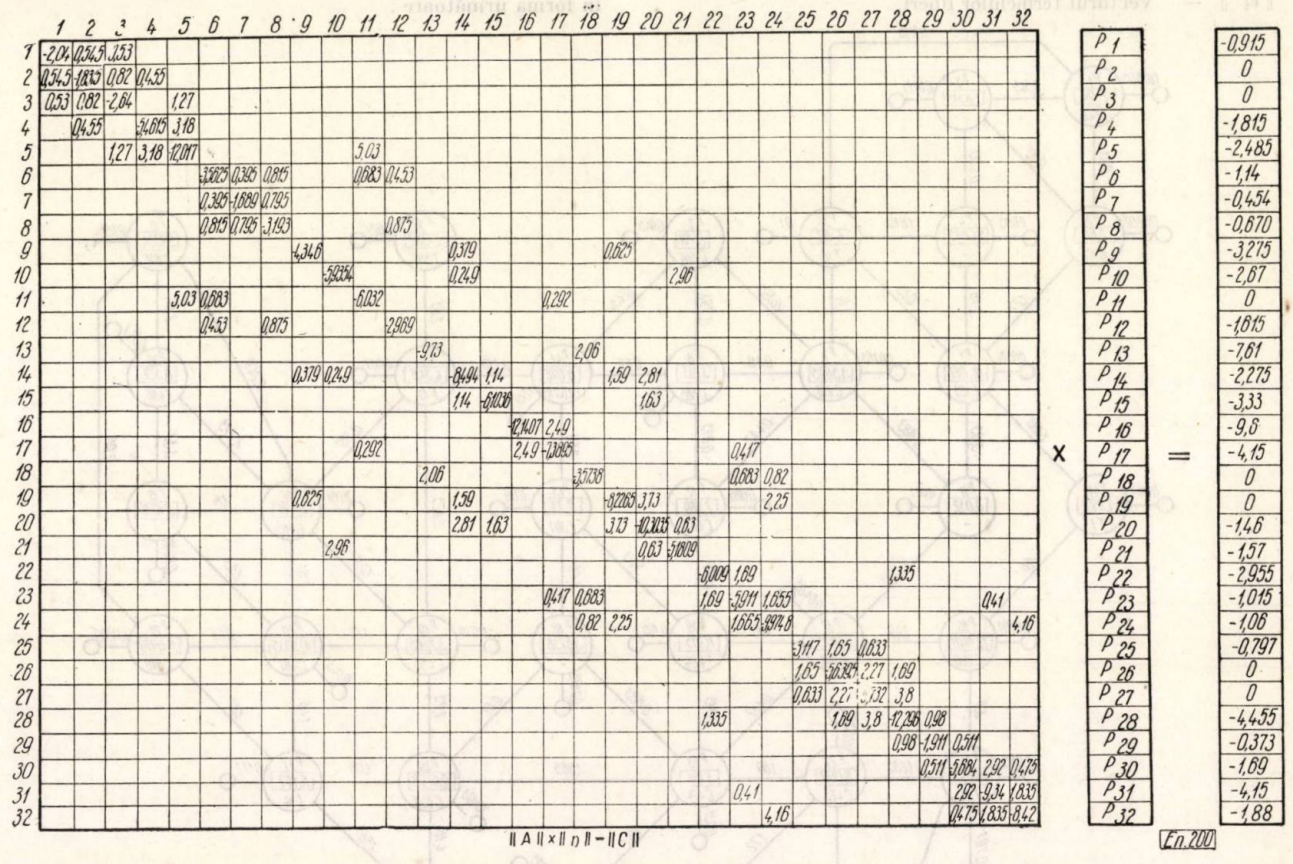


Fig. 20.

(1,001 MVA), iar pe urmă se unește acest punct de pe nomograma din fig. 21 (scara P_k) cu punctul care reprezintă diferența de potențial (0,98—0,93 = 0,05) de pe scara $p_i - p_j$. Punctul de intersecție al acestei drepte cu scara de mijloc indică direct, în amperi, curentul care circulă prin cablu (138 A). În acest fel se poate determina curentul dintr-o singură citire pe nomogramă.

Deoarece în calculele efectuate s-au analizat numeroase regimuri de avarie, s-a întocmit o tabelă specială pentru o interpretare ușoară a rezultatelor (fig. 22). După cum se vede din figură, în coloana 4 a tabelei se trece curentul admisibil al cablului sau cablurilor care formează legătura între cele două puncte de calcul. Deoarece din diferența coeficienților de potențial se obține numai curentul de circulație dintre cele două noduri, trebuie să se adauge la acesta curentul corespunzător sarcinii (de pe cablul de calcul) care a fost aruncată în nodul p_i; acesta este în marea majoritate a cazurilor jumătate din curentul total corespunzător sarcinii. Din cele arătate rezultă deci că în realitate circulă de la nodul i spre nodul j curentul $I + \frac{1}{2} I_s$,

unde :

I este curentul obținut din nomogramă corespunzător $d \cdot d \cdot p \cdot\ p_i - p_j$;

I_s — curentul corespunzător sarcinii de pe cablul de calcul.

Deoarece sarcina proprie a cablului rămîne constantă, (în calcule) s-a introdus în coloana 6 noțiunea de curent admisibil fictiv $I_{adm.\ fictiv} = I_{adm} - \frac{1}{2} I_s$ care indică deci limita pînă la care poate fi încărcat cablul. Pentru acest curent (în valoare absolută) pentru cazul respectiv, se vede imediat în ce măsură este solicitat cablul. În tabela din fig. 25 sînt arătate rezultatele acestor scăderi pentru cîteva cazuri de calcul și mai multe ramuri de rețea. Felul în care sînt reprezentate valorile în acest tablou indică destul de sugestiv măsurile care trebuie luate pentru îmbunătățirea unor anumite situații; astfel se vede că tronsonul de cablu dintre postul de transformare T 484 și C 667 trebuie înlocuit deoarece este suprasolicitat în toate regimurile de avarie.

În această tabelă diferențele $p_i - p_j$ au fost notate cu semnele lor pentru a se putea determina sensul de circulație a curentului.

Trebuie de asemenea subliniat că valorile coeficienților de potențial indică direct nivelul de tensiune al punctului respectiv de rețea.

5. Posibilități de rezolvare a sistemelor de ecuații cu mai multe necunoscute folosind mașina de calcul de birou

Ținînd seama de faptul că matricea coeficienților sistemelor de ecuații liniare care apare în cazul utilizării metodei condensatoarelor fictive este simetrică și are numeroși termeni egali cu zero, s-a făcut încercarea de rezolvare a unui sistem de nouă ecuații cu nouă necunoscute, prin două metode folosind pentru efectuarea calculelor o mașină de calcul de birou „Rheinmetall".

În acest scop s-au analizat mai întîi cîteva metode de rezolvare a sistemelor de ecuații liniare, ca de exemplu :

1. Metoda clasică Cramer.
2. Schema lui Gauss.

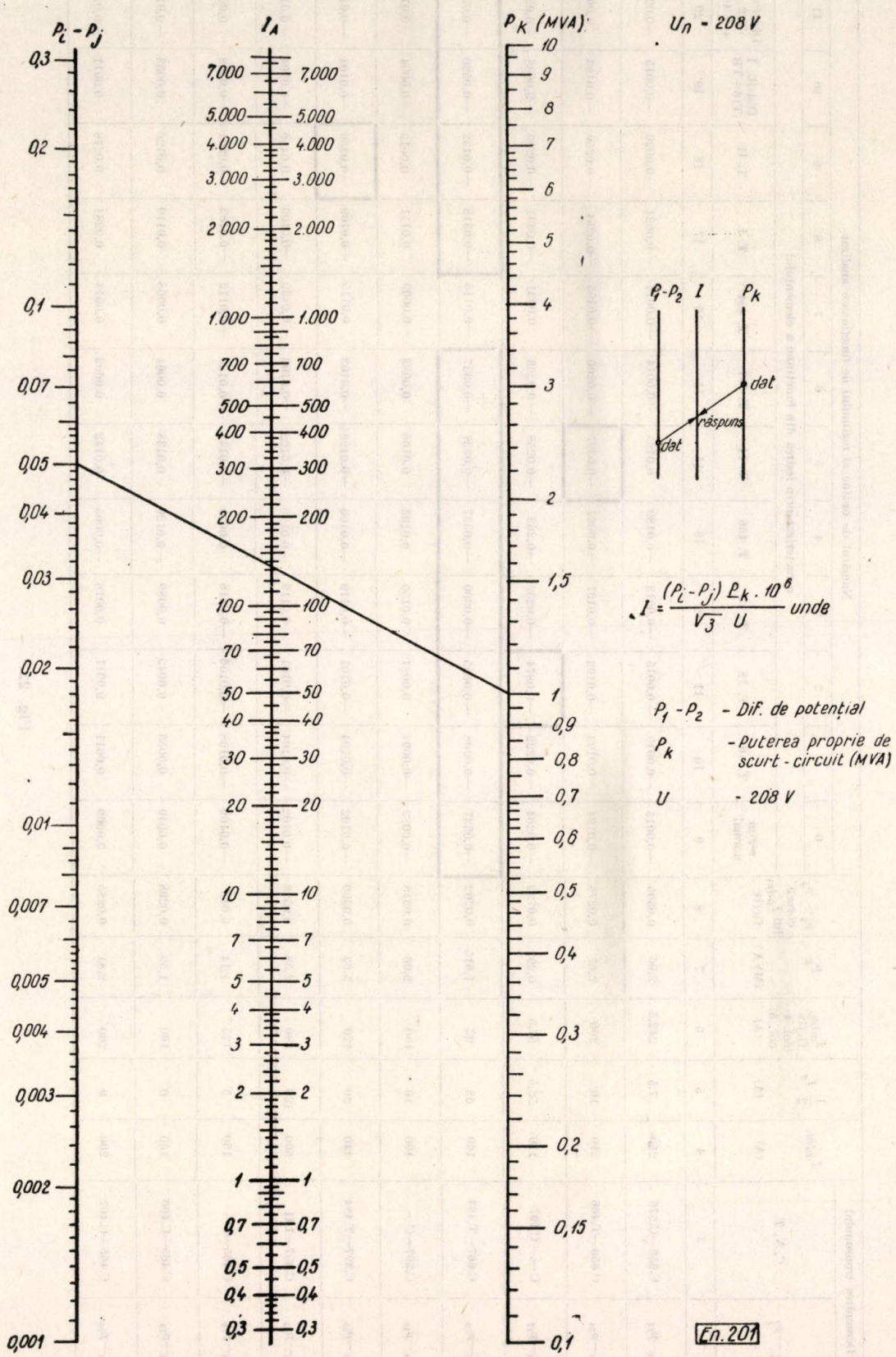

$P_i - P_j$
I_A
P_K (MVA)
U_n - 208 V
$P_1 - P_2$
I
P_k
dat
răspuns
dat
$I = \frac{(P_i - P_j)\, P_k \cdot 10^6}{\sqrt{3}\ U}$ unde
$P_1 - P_2$ - Dif. de potențial
P_k - Puterea proprie de scurt - circuit (MVA)
U - 208 V
En. 201

Fig. 21.

Nr. crt.	Denumirea tronsonului		$I_{adm.}$	$\frac{1}{2} I_s$	$I_{adm.}$ fictiv (col. 4 – col. 5)	P_k	$v_i - v_j$ coresp. lui I_{adm} fictiv	Numărul de ordine al regimului de funcţionare analizat										
								0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
								caracterizat prin ieşirea din funcţiune a elementului											
	$v_i - v_j$	C, N, T.	(A)	(A)	(A)	(MVA)		regim normal	T. 16	T. 18	T. 13	T. 466	T. 14	T. 557	T. 484	T. I.	T. II	Distrib. I (T16+TB)	Distrib. II (T13 + + T 466)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	p_{10}—p_{21}	C.656—C.676	250	7,5	242,5	2,96	0,0305	—0,0015	—0,0015	—0,0015	—0,0013	—0,0189	0,0185	—0,0014	—0,0014	—0,0024	—0,0026	—0,0015	—0,0208
2	p_{10}—p_{36}	C.656—T.466	210	10	200	2,67	0,0275	—0,0194	—0,0193	—0,0193	—0,0197	—0,0027	—0,0397	—0,0200	—0,0195	—0,0254	—0,0259	—0,0193	0,0038
3	p_{11}—p_{17}	C—.—C.197	110	52,5	57,5	0,292	0,0720	—0,0264	—0,0222	—0,0874	—0,0262	—0,263	—0,0258	—0,0263	0,0031	—0,0331	—0,0290	—0,0888	—0,0250
4	p_{12}—p_{39}	C.667—T.484	160	68	92	1,615	0,0202	—0,0337	—0,0308	—0,0505	—0,0300	—0,0337	—0,0337	—0,0337	—0,0113	—0,0318	—0,0432	—0,0520	—0,0337
5	p_{13}—p_{18}	C.397—C—	190	10	180	2,06	0,0318	—0,0083	—0,0094	0,0081	0,0150	0,0103	0,0166	0,0088	—0,0009	0,0111	0,0019	+0.0094	0,0179
6	p_{13}—p_{39}	C.397—T.484	440	20	420	5,03	0,0300	—0,0102	—0,0104	—0,0101	—0,0119	—0,0106	—0,0122	—0,0103	0,0115	—0,0109	—0,0359	—0,0104	—0,0126
7	p_{13}—p_{41}	C.397—I.II	500	120	380	2,58	0,0528	—0,0102	—0,0104	—0,0101	—0,0119	—0,0106	—0,0122	—0,0103	—0,0439	—0,0109	0,0459	—0,0104	—0,0126
8	p_{14}—p_{15}	C.465—C—	130	5	125	1,14	0,043	—0,0109	—0,0108	—0,0106	—0,0118	0,0013	—0,0161	—0,0132	—0,0112	—0,0183	—0,0201	—0,0108	0,0012
9	p_{14}—p_{19}	C.465—C.466	160	0	160	1,59	0,0298	0,0049	0,0053	0,0049	0,0089	—0,0129	0,0138	0,0064	0,0068	0,0110	0,0126	0,0053	—0,0109
10	p_{14}—p_{20}	C.465—C.467	200	0	200	2,81	0,0285	0,0009	0,0011	0,0011	0,0018	—0,0005	0,0142	0,0003	0,0014	0,0281	0,0278	0,0011	—0,0112

Fig. 22.

3. Metoda iterativă Gauss-Seidel.
4. Metoda lui Cholețki.
5. Metoda relaxației.

Alegerea s-a oprit asupra metodei iterative Gauss-Seidel și a metodei lui Cholețki, considerate drept cele mai interesante ; felul în care au fost utilizate va fi descris în continuare.

După cum se vede, sistemul poate fi despărțit în două sisteme : unul cu cinci ecuații și celălalt cu patru ecuații. Acest lucru nu s-a făcut deoarece în toate calculele efectuate pentru diverse alte regimuri de funcționare mai apar legături între cele două sisteme.

Pentru rezolvarea sistemelor de ecuații liniare prin metoda

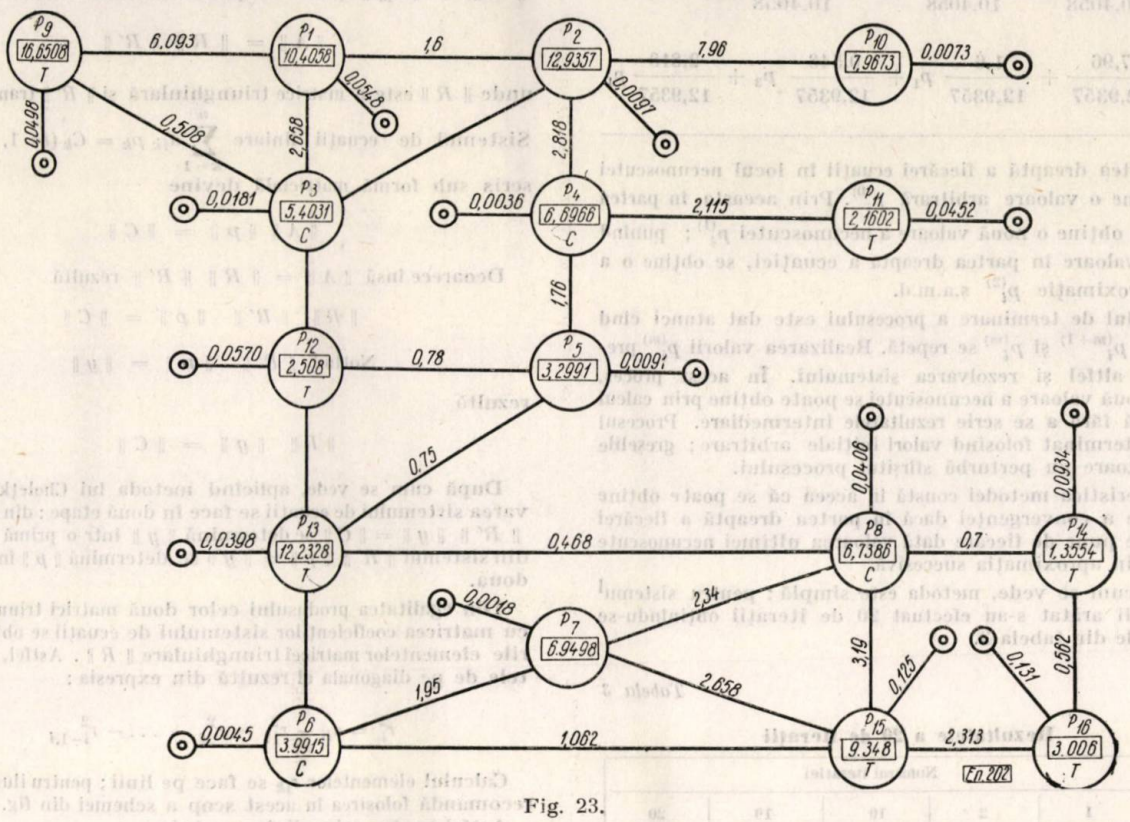


Fig. 23.

5.1. Metoda iterativă Gauss-Seidel

Sistemul de ecuații urmînd a fi rezolvat prin metoda iterativă Gauss-Seidel se referă la un regim de avarie al unui sector de rețea format din opt noduri, opt surse și 22 ramuri, avînd schema de calcul din fig. 23.

Ecuațiile au următoarele expresii :

Gauss-Seidel este necesar ca sistemul să fie „diagonal", adică în fiecare ecuație să se găsească cîte o necunoscută al cărei coeficient în valoare absolută să fie mai mare decît suma valorilor absolute ale coeficienților celorlalte necunoscute ; în mod obișnuit necunoscutele sînt astfel numerotate încît coeficienții maximali să fie pe diagonala principală.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1	−10,4058	1,6	2,658								p_1	−6,093
2	1,6	−12,9357	0,548	2,818							p_2	−7,96
3	2,658	0,548	−5,4031								p_3	−2,179
4		2,818		−6,6966	1,76						p_4	−2,115
5				1,76	−3,2991					×	p_5	= −1,53
6						−3,9915	1,95		1,062		p_6	−0,975
7						1,95	−6,9498	2,34	2,658		p_7	0
8							2,34	−6,7386	3,19		p_8	−1,168
9						1,062	2,658	3,19	−9,348		p_9	−2,313

Pentru rezolvarea unui sistem prin această metodă se rezolvă fiecare dintre ecuații în funcție de necunoscuta cu coeficientul maximal :

$$p_1 = \frac{6{,}093}{10{,}4058} + \frac{1{,}6}{10{,}4058} p_2 + \frac{2{,}658}{10{,}4058} p_3$$

$$p_2 = \frac{7{,}96}{12{,}9357} + \frac{1{,}6}{12{,}9357} p_1 + \frac{0{,}548}{12{,}9357} p_3 + \frac{2{,}818}{12{,}9357} p_4$$

În partea dreaptă a fiecărei ecuații în locul necunoscutei p_i se pune o valoare arbitrară $p_i^{(0)}$. Prin aceasta, în partea stîngă se obține o nouă valoare a necunoscutei $p_i^{(1)}$; punînd această valoare în partea dreaptă a ecuației, se obține o a doua aproximație $p_i^{(2)}$ ș.a.m.d.

Semnalul de terminare a procesului este dat atunci cînd valorile $p_i^{(m+1)}$ și $p_i^{(m)}$ se repetă. Realizarea valorii $p_i^{(m)}$ prezintă de altfel și rezolvarea sistemului. În acest proces, fiecare nouă valoare a necunoscutei se poate obține prin calcul la mașină fără a se scrie rezultatele intermediare. Procesul poate fi terminat folosind valori inițiale arbitrare ; greșelile întîmplătoare nu perturbă sfîrșitul procesului.

Caracteristica metodei constă în aceea că se poate obține o grăbire a convergenței dacă în partea dreaptă a fiecărei ecuații se pune de fiecare dată valoarea ultimei necunoscute aflate prin aproximația succesivă.

După cum se vede, metoda este simplă ; pentru sistemul de ecuații arătat s-au efectuat 20 de iterații obținîndu-se rezultatele din tabela 3.

Tabela 3

Rezultatele a 20 de iterații

Necunoscuta	Numărul iterației				
	1	2	10	19	20
p_1	0,990	0,991	0,9919	0,99207	0,99207
p_2	0,995	0,995	0,9962	0,99651	0,99652
p_3	0,990	0,991	0,9921	0,99224	0,99224
p_4	0,994	0,994	0,9943	0,99463	0,99463
p_5	0,995	0,973	0,9870	0,98746	0,98746
p_6	0,991	0,968	0,9872	0,98776	0,98776
p_7	0,954	0,982	0,9922	0,99249	0,99249
p_8	0,977	0,985	0,9888	0,98912	0,98912
p_9	0,970	0,955	0,9697	0,97024	0,97024

Rezultate suficient de exacte se obțin în cazul de față la a 15-a iterație. Durata celor 20 de iterații este de circa 3—4 ore. Este de remarcat că aceste calcule pot fi executate de un tehnician cu calificare medie și cu o oarecare experiență în folosirea mașinii de calcul de birou.

5.2. **Metoda lui Choleţki**

Dacă matricea coeficienților unui sistem de ecuații liniare este simetrică, situație care apare adeseori în practică, adică $\| A \| = \| A' \|$ și

$$a_{ik} = a_{ki}$$

calculele necesare pentru rezolvarea sistemului pot fi apreciabil simplificate. Deoarece elementele de pe diagonală sînt pozitive (sau pot deveni pozitive), deci matricea coeficienților $\| A \|$ este pozitiv definită, se poate aplica o teoremă care spune că orice matrice simetrică și pozitiv definită $\| A \| = \| a_{ik} \|$ poate fi reprezentată sub forma

$$\| A \| = \| R \| \, \| R' \|$$

unde $\| R \|$ este o matrice triunghiulară și $\| R' \|$ transpusa ei.

Sistemul de ecuații liniare $\sum_{k=1}^{n} a_{ik} p_k = C_k \; (i = 1, 2, \ldots n)$ scris sub formă matricială devine

$$\| A \| \, \| p \| = \| C \|$$

Deoarece însă $\| A \| = \| R \| \, \| R' \|$ rezultă

$$\| R \| \, \| R' \| \, \| p \| = \| C \|$$

Notînd $\| R' \| \, \| p \| = \| y \|$

rezultă

$$\| R \| \, \| y \| = \| C \|$$

După cum se vede, aplicînd metoda lui Choleţki, rezolvarea sistemului de ecuații se face în două etape : din sistemul $\| R' \| \, \| y \| = \| C \|$ se determină $\| y \|$ într-o primă etapă și din sistemul $\| R' \| \, \| p \| = \| y \|$ se determină $\| p \|$ în etapa a doua.

Din egalitatea produsului celor două matrici triunghiulare cu matricea coeficienților sistemului de ecuații se obțin valorile elementelor matricei triunghiulare $\| R \|$. Astfel, elementele de pe diagonala ei rezultă din expresia :

$$r_{ii}^2 = a_{ii} - r_{1i}^2 - r_{2i}^2 - \ldots - r_{i-1,i}^2$$

Calculul elementelor r_{ik} se face pe linii ; pentru ilustrare se recomandă folosirea în acest scop a schemei din fig. 24.

Astfel pentru prima linie se obține

$$r_{11} = \sqrt{a_{11}} \, ; \; r_{1k} = a_{1k} : r_{11}$$

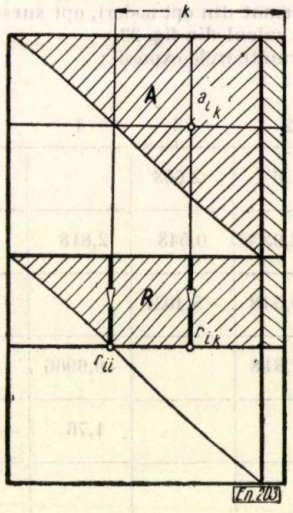


Fig. 24. Schema de calcul pentru metoda Choleţki

Expresia generală pentru termenul r_{ik} este :

$$r_{ik} = (a_{ik} - r_{1i} \, r_{1k} - r_{2i} \, r_{2k} - \ldots - r_{i-1,i} \, r_{i-1,k}) : r_{ii}$$

cu $i < k$

După cum se vede din fig. 24 pentru obținerea elementului r_{ik} se scade din a_{ik} produsul scalar al coloanei i cu coloana k, efectuarea de produse oprindu-se la coloana i în fața elementului r_{ii} și la coloana k în fața elementului căutat r_{ik}.

Metoda aceasta este relativ simplă și poate fi executată de personal de calificare medie.

Pentru ecuația din exemplul precedent rezultatele sînt reprezentate în tabela 4.

elaborării tabelelor și nomogramelor arătate; odată acestea executate, cadre tehnice de pregătire medie pot calcula elementele rețelei fără dificultăți.

— Pentru calculul rețelelor buclate de mică extindere (zone din jurul unui post de transformare sau de-a lungul unui cablu distribuitor) unde apar sisteme de ecuații liniare cu 8—10—15 necunoscute se pot utiliza cu succes una din cele două metode de calcul numeric prezentate: metoda

Tabela 4

Prezentarea compactă a rezolvării unui sistem de ecuații liniare prin Metoda Choletzki

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	10,4058	−1,6	−2,658	0	0	0	0	0	0	6,093
2		12,9357	−0,548	−2,818	0	0	0	0	0	7,96
3			5,4031	0	0	0	0	0	0	2,179
4				6,6966	−1,76	0	0	0	0	2,115
5					3,2991	0	0	0	0	0,78
6			a_{ik}			3,9915	−1,95	0	−0,975	1,062
7							6,9498	−2,34	0	2,658
8								6,7386	−0,468	3,89
9									2,2328	0
1	3,22579	−0,496	−0,82398	0	0	0	0	0	0	1,88880
2		3,56225	−0,26856	−0,79107	0	0	0	0	0	2,49740
3			2,15684	−0,09849	0	0	0	0	0	2,04289
4				2,46193	−0,71488	0	0	0	0	1,74325
5					1,66919	0	0	0	−0,44931	1,21387
6			r_{ik}			1,99787	−0,97603	0	−0,48801	0,53156
7							2,44412	−0,95739	0,19488	1,29976
8								2,41288	−0,27128	2,12789
9									1,29661	1,26122
	0,99232	0,99690	0,99256	0,99526	0,98904	0,99101	0,99461	0,99123	0,97270	r_{ik} / p_{ik}

Pentru rezolvarea unui sistem complet de n ecuații cu n necunoscute sînt necesare extragerea a n rădăcini pătrate și efectuarea de $\frac{n^3 + 9n^2 + 2n}{6}$ operații de înmulțire și împărțire.

Rezultatele obținute pentru sistemul analizat sînt următoarele:

0,99236043; 0,99689764; 0,99257700; 0,99498309
0,98792493; 0,98827360; 0,99290957; 0,98948402; 0,97079314

Pentru verificare sistemul de ecuații a fost rezolvat și la calculatorul numeric CIFA; erorile ambelor metode nu au depășit 5%.

Concluzii

Din cele arătate mai sus se pot trage, în linii mari, următoarele concluzii:

— Metoda condensatoarelor fictive poate fi utilizată cu succes pentru calculul rețelelor buclate de joasă tensiune; organizarea calculelor în felul arătat permite reducerea volumului și numărului operațiilor matematice ce urmează a se efectua și scoate în evidență măsurile ce ar trebui luate pentru remedierea anumitor situații necorespunzătoare.

— Pentru utilizarea metodei condensatoarelor fictive trebuie depusă o oarecare activitate de pregătire necesară

iterativă Gauss-Seidel sau metoda lui Cholețki. În acest fel se pot rezolva probleme dificile de rețea cu mijloace de calcul relativ modeste.

După cum se vede, metodele de calcul descrise oferă posibilitatea întreprinderilor de electricitate în special și proiectanților de rețele electrice buclate în general de a calcula în mod simplu circulațiile de puteri și curenți în regim normal sau de avarie în rețelele pe care le exploatează, respectiv le proiectează.

Bibliografie

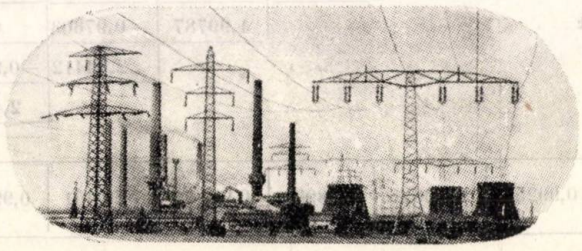
[1] H. Prinz: *Bestimmung der Stosskurzschluss-Wechselstromleistung von Hochspannungsnetzen mit Hilfe des Kapazitätsgitters.* ETZ Bd. 73 (1952) pag. 91—94.

[2] H. Prinz: *Darstellung des Leistungsschalters und Kondensators im Kapazitätsgitter.* ETZ-A Bd. 76 (1955) pag. 309—314.

[3] A. Schweiger: *Elektrische Leitungen,* Leibnitz-Verlag München 1948.

[4] Herzog-Feldmann: *Die Berechnung elektrischer Leitungsnetze in Theorie und Praxis.* 4. Aufl. Jul. Springer, Berlin 1927.

[5] K. Fleischmann: *Allgemeine Methode der Berechnung von Stromverzweigungen auf Grund der Knotenpunkt-Potentiale*, Selbstverlag, Dortmund 1953.
[6] J. Hak: *Losung eines Warmequellen-Netzes mit Berücksichtigung der Kühlstrome.* Arch. Elektrotechn. Bd. 42 (1956), pag. 137—154.
[7] H. Piloty, R. Piloty, H. O. Leilich, W. E. Proebster: *Der programmgesteuerte elektronische Rechenanlage München* (PERM), Fernmeldetechnische Zeitschrift Bd. 8 (1955) Heft 11/12.
[8] H. Hoppoldt: *Die Berechnung der Kurzschlussleistung in Hochspannungsnetzen.* BBC-Nachrichten 26 (1943) pag. 17
[9] W. Schneider: *Rechnerische Ermittlung von Verlusten in elektrischen Netzen zur Erzielung einer optimalen Lastverteilung.* Elektrizitätswirtschaft. Bd. 55 (1956) pag. 184—190.
[10] H. Prinz u. W. Müller; *Kurzschlussberechnung vermaschter Netze mit Hilfe des N_{sw} — Potentialverfahrens.* Elektrizitätswirtsch. Bd. 55 (1956) pag. 321—326, Heft 10.
[11] H. Prinz: *Das Komplexe N_{sw}— Potentialverfahren.* Elektrizitätswirtsch. Bd. 55 (1956) pag. 751—757.
[12] Wilhelm Schneider: *Der Einsatz elektronischer Rechenanalogen für die Ermittlung der Energieverteilung in eine vermaschten Netz.* In Elektrizitätswirtschaft 57 (1958), nr. 1 (5 ianuarie), 9—11.
[13] Hans Prinz: *Elektrische Netzberechnung.* In Elektrizitätswirtschaft 57 (1958), nr. 17 (5 septembrie) 524—533.
[14] Toma V.: *Sistemul aritmetic al unei mașini electronice de calcul în studiu și realizare la Institutul de Fizică al Academiei R.P.R.* În Buletinul științific al Academiei R.P.R., Secția de științe matematice și fizice, Tomul VIII (1956), nr. 1 (ianuarie — februarie — martie), 223—237.
[15] Toma V.: *Calculatorul electronic al Institutului de Fizică al Academiei R.P.R.*, Secția de științe matematice și fizice, Tomul IX (1957), nr. 1 (ianuarie — februarie — martie), 209—215.
[16] Steglich P.: *Metodă grafică pentru calculul rețelelor.* În ETZ-A, 80 (1959), nr. 11 (1 iunie), 331—335.
[17] Zurmühl R.: *Matrizen. Eine Darstellung Für Ingineure.* 1958, Editura Springer.
[18] Berezin I. S. și Jidcov N. P.: *Metode de calcul*, vol. II. Editura de Stat pentru Fizică și Matematici, Moscova, 1959.
[19] Avramescu A.: *Construcția și utilizarea nomogramelor.* Bul. Soc. Polit hnice din R.P.R. nr. 4—6 (aprilie—iunie) 1948.

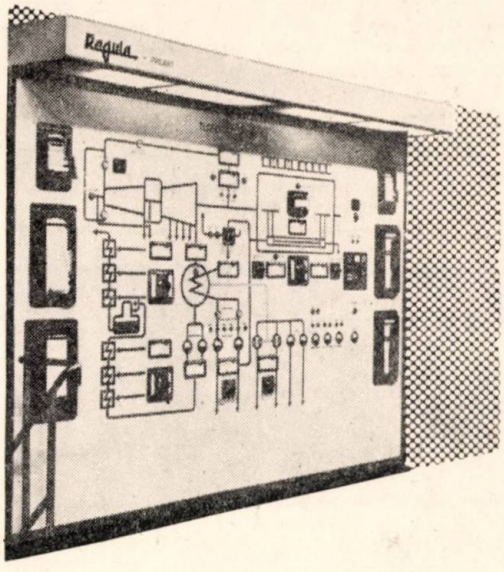


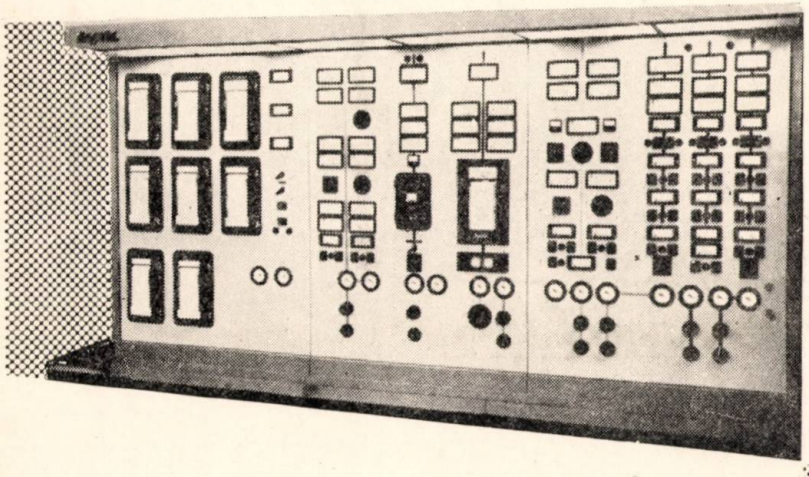
KOVO

PRAGA, R. S. CEHOSLOVACĂ

LIVREAZĂ:

Aparate de măsură
și reglare REGULA
Aparate electrice,
pneumatice pentru
reglare și semnalizare

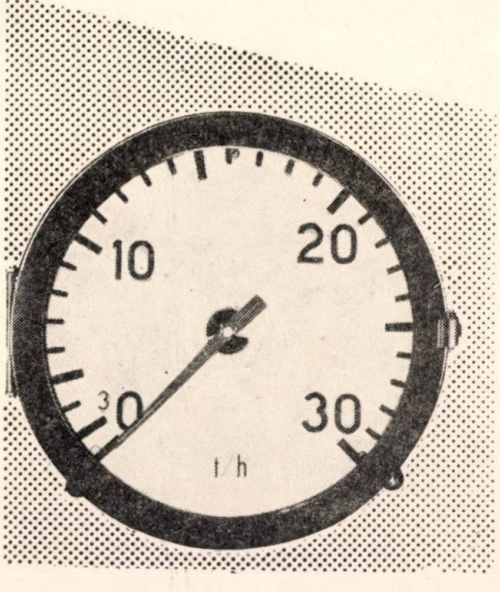




Aparate de măsură electrice și pneumatice pentru măsurat înregistrarea și teletransmisia valorilor măsurate

Expoziția acestor aparate este organizată între 11 și 23 mai 1961 sălile AGENȚIEI ECONOMICE a AMBASADEI R. S. CEHOSLOVACE — București, str. Oțetari nr. 3.

Regula



E 2057

R

REFERATIVĂ

ENERGETICA

Energetica — Vol. 9 — mai

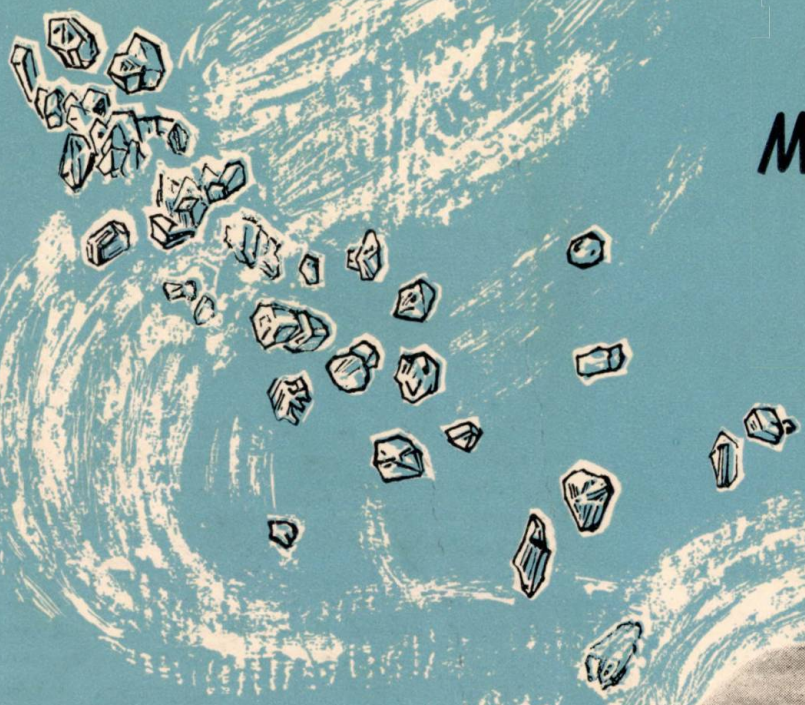
5

nr. 5/1961 — p. 173-220 — București

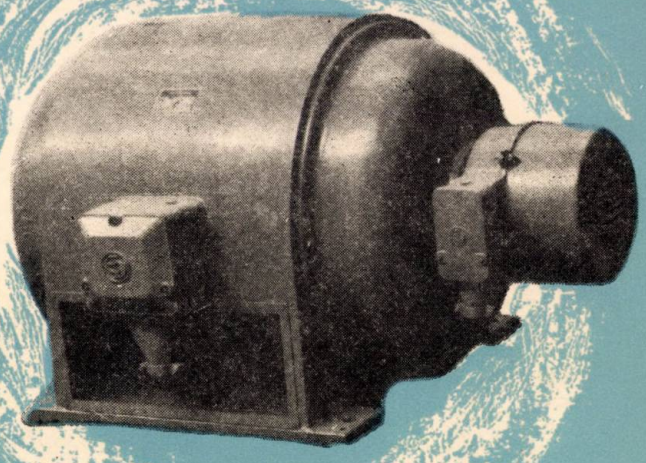
1961

Silicagel

SiO_2 AMORF



Mijloc ideal de uscare și conservare



Pentru orice fel de materiale

Mașini și aparate de precizie,
Textile, Pielărie, Alimente etc.
Expuse degradării prin umezeală
Apără de rugină, mucegăire, putrezire
și alte efecte dăunătoare
provocate de umiditate.
Se poate regenera ușor prin simpla încălzire fără pierdere.

UPSOM

PRODUS AL UZINELOR DE PRODUSE SODICE OCNA MUREȘ

MŰSZAKI KÖNYVTÁR 1883

ENERGETICA

ANUL 8 Nr. 5 MAI 1961

CUPRINS

*** * *: A 40-a aniversare a creării Partidului Comunist din Romînia — o măreaţă sărbătoare a poporului nostru.**

CZ 621.311.2 : 621.316.2 : 65.04

Bălan Gh.: **Contribuţia Intreprinderii pentru raţionalizarea şi modernizarea instalaţiilor energetice, (IRME) la ridicarea nivelului tehnic al exploatării şi întreţinerii instalaţiilor energetice.**

Energetica, **9** (1961) nr. 5 p. 179—182

CZ 697.34 (498.11)

Voinea M. şi *Beldiman M.*: **Primele lucrări de termoficare executate în Oraşul Bucureşti.**

După o redare concisă a avantajelor economice ale termoficării se prezintă, sub toate aspectele tehnice, caracteristicile reţelelor de termoficare executate pînă în prezent în oraşul Bucureşti. Un capitol separat îl constituie elementele de măsură, control şi automatizare a funcţionării reţelelor. De asemenea, încercările şi probele de punere în funcţiune. Se tratează apoi schemele de racord a consumatorilor de căldură.

Ultimele capitole redau perspectivele de dezvoltare ale reţelelor de termoficare din Bucureşti şi propuneri în scopul reducerii la minimum a dificultăţilor de realizare şi a costului reţelelor de termoficare.

Energetica, **9** (1961) nr. 5 p. 182—191

CZ 621.315.28 : 002

Vicol P., Militaru P., Tencu C. şi *Lăzărescu S.*: **Traversarea Dunării în R. P. Română prin cabluri subfluviale, de 110 kV.**

Racordarea sistemului energetic al Dobrogei la sistemul energetic naţional a impus rezolvarea unor probleme tehnice complexe de proectare şi execuţie puse în special de necesitatea traversării Dunării, unul din cele mai dificile obstacole naturale din ţara noastră. Se expun consideraţiile tehnico-economice care au stat la baza alegerii soluţiei de traversare a Dunării prin cabluri subfluviale de 110 kV. În continuare se prezintă soluţiile de proiectare şi execuţie folosite pentru realizarea acestei importante lucrări energetice.

Energetica, **9** (1961) nr. 4 p. 191—209

DIN EXPLOATARE

CZ 621.398 : 621.311.22

Kraft M.: **Lopata mecanică cu comandă de la distanţă.**

Energetica, **9** (1961) nr. 5 p. 210—212

CZ 621.316.262.004.64

Verdeş Gh.: **Avarie într-o staţie exterioară provocată de descărcări electrice.**

Energetica, **9** (1961) nr. 5 p. 213

CZ 621.316.262.002

Stoleru B.: **Post de transformare metalic**

Energetica, **9** (1961) nr. 5 p. 214—216

DOCUMENTARE, p. 216—218

RECENZII, p. 219

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. ing. **I. D. STĂNCESCU**, redactor responsabil, conf. ing. **C. MIHAILEANU**, redactor responsabil adjunct, conf. ing. **I. A. BADEA**, prof. ing. **M. BERCOVICI**, membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, ing. **M. COGĂLNICEANU**, conf. ing. **E. CONSTANTINESCU**, ing. **P. DIMO**, laureat al premiului de Stat, prof. ing. **C. DINCULESCU**, membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. **I. V. HERESCU**, conf. ing. **N. MOLDOVEANU**, prof. ing. **C. PENESCU**, ing. **T. POPA**, ing. **S. SĂNDULESCU** și ing. **P. VICOL**

Revista „**ENERGETICA**", organ al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. și al Ministerului Industriei Minelor și Energiei Electrice. Redacția și administrația: București, Str. Ion Ghica Nr. 3 Raion Tudor Vladimirescu, Telefon 14.15.95—14.06.24. Revista este editată de A.S.I.T. — Abonamentele se primesc la administrația revistei, la sediul filialelor A.S.I.T. din întreaga țară și prin responsabilii cu presa din cercurile A.S.I.T. — Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinete tehnice în contul nostru de virament: Publicațiile Tehnice A.S.I.T. 070124 B.R.P.R. Filiala I. V. Stalin — București. — Tarif pentru întreprinderi: lei 100 anual. Tarif pentru muncitori, tehnicieni și ingineri: lei 30 anual — Prețul unui exemplar: lei 5 — Tiparul: Intreprinderea Poligrafică Nr. 2, București, c. 1824

ENERGETICA

ANUL 9
1961
Nr. 5
MAI

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.
ȘI AL MINISTERULUI MINELOR ȘI ENERGIEI ELECTRICE

MŰSZAKI KÖNYVTÁR 1883

A 40-a aniversare a creării Partidului Comunist din Romînia, o măreață sărbătoare a poporului nostru

Oamenii muncii din țara noastră, întregul nostru popor au sărbătorit cu entuziasm aniversarea a 40 de ani de la crearea partidului comunist din Romînia. Această glorioasă aniversare găsește poporul nostru în plin avînt creator într-o nouă etapă a dezvoltării sale, etapa desăvîrșirii construcției socialiste.

Sub conducerea partidului, eroica noastră clasă muncitoare în alianță cu țărănimea muncitoare, își încordează toate energiile creatoare în vederea înfăptuirii planului de 6 ani, al cărui obiectiv principal îl constituie dezvoltarea bazei tehnico-materiale a socialismului, încheierea procesului de făurire a relațiilor de producție socialiste în întreaga economie națională în vederea desăvîrșirii construcției socialiste în patria noastră.

Partidul, conducătorul încercat al poporului nostru, aplicînd în mod creator în întreaga sa activitate învățătura marxist-leninistă la condițiile concrete din țara noastră, a știut să răspundă cu înțelepciune problemelor complexe ce s-au ivit în lupta pentru instaurarea puterii celor ce muncesc, a organizat și a mobilizat forțele poporului pentru construirea unei orînduiri noi, lipsite de exploatare, orînduirea socialistă.

*

O influență covîrșitoare asupra proletariatului și mișcării muncitorești din țara noastră a avut victoria de însemnătate mondială a Marii Revoluții Socialiste din Octombrie.

Ideile ei, răspîndindu-se în întreaga lume, au trezit un deosebit răsunet și în rîndurile maselor din țara noastră, găsind în condițiile economice și sociale din Romînia un teren deosebit de fertil.

În condițiile ascuțirii puternice a contradicțiilor regimului burghezo-moșieresc și ale ciocnirilor violente de clasă din anii 1918—1920, grupurile comuniste din Romînia au dus o luptă dîrză și consecventă sub steagul ideilor leniniste, pentru făurirea unui partid de tip nou după modelul partidului lui Lenin și afilierea sa la Internaționala a III-a comunistă.

La 8 mai 1921, Congresul General al Partidului Socialist, cu o majoritate zdrobitoare de voturi, a hotărît crearea Partidului Comunist din Romînia și aderarea sa la Internaționala Comunistă.

Crearea Partidului Comunist din Romînia a însemnat victoria istorică a leninismului asupra oportunismului și reformismului în mișcarea muncitorească din țara noastră. A început o perioadă nouă în lupta proletariatului romîn, o perioadă glorioasă, de jertfe eroice și de victorii. În fruntea proletariatului și a maselor muncitoare se află un conducător devotat cauzei dezrobirii celor ce muncesc, trup din trupul clasei muncitoare.

Pentru lupta dîrză, pentru „triumful marelui ideal socialist", așa cum a răsunat la primul Congres, curînd, în 1924, P.C.R. a fost aruncat de burghezo-moșierime în adîncă ilegalitate. Dar înfruntînd teroarea, între anii 1923 și 1928, partidul a organizat numeroase greve ale metalurgiștilor și minerilor, tipografilor, textiliștilor, muncitorilor forestieri și celor din porturi.

În viața partidului, un moment de cotitură l-a constituit istoricul Congres al V-lea din decembrie 1931, care a clarificat probleme fundamentale ale mișcării muncitorești din țara noastră stabilind sarcini noi, ideologice, organizatorice, strategice și tactice ale partidului în lumina leninismului și a experienței P.C.U.S.

Ca o consecință directă a Congresului s-au desfășurat glorioasele lupte ale muncitorilor feroviari și petroliști din 1933 — cele mai mari și mai organizate lupte ale proletariatului romîn din perioada dintre cele două războaie mondiale — care au înscris pagini de glorie în istoria luptei clasei muncitoare din țara noastră împotriva exploatării și a regimului burghezo-moșieresc. Aceste lupte au arătat puternica forță de organi-

zare și conducere a Partidului Comunist din Romînia, adeziunea maselor muncitoare la programul de luptă al partidului, au dovedit justețea liniei leniniste trasată de Congresul al V-lea.

În perioada criminalului război anti-sovietic, partidul a desfășurat — în condiții neînchipuit de grele — o luptă eroică pentru doborîrea dictaturii fasciste, pentru întoarcerea armelor împotriva adevăraților dușmani ai poporului nostru.

Partidul Comunist din Romînia, sub directa conducere a tovarășului Gh. Gheorghiu-Dej, *a elaborat planul de măsuri de organizare a insurecției armate, singura cale de salvare a țării din catastrofa națională.*

La 23 August 1944, forțele populare, gărzile patriotice formate din muncitori, sub conducerea partidului, prin insurecția armată au răsturnat sinistra dictatură militaro-fascistă; armata română, la chemarea Partidului Comunist din Romînia, a întors armele împotriva Germaniei fasciste, luptînd umăr la umăr cu glorioasa Armată Roșie pînă la victoria finală împotriva hitlerismului. Insurecția armată de la 23 August 1944 a marcat începutul revoluției populare în țara noastră, începutul unor transformări revoluționare profunde în viața poporului nostru.

Sub conducerea partidului, în prima perioadă a revoluției populare, a fost instaurat un regim democratic, a fost înfăptuită reforma agrară, au fost acordate drepturi și libertăți democratice tuturor oamenilor muncii fără deosebire de naționalitate, iar la 30 decembrie 1947 a fost înlăturată monarhia. Proclamarea Republicii Populare Romîne a marcat începutul unei noi etape, etapa revoluției socialiste, în care, prin crearea Partidului Muncitoresc Romîn a fost realizată unitatea politică, ideologică și organizatorică a clasei muncitoare din țara noastră. Crearea Partidului Muncitoresc Romîn a însemnat victoria deplină a marxism-leninismului în mișcarea muncitorească din țara noastră.

*

Moștenind de la regimul burghezo-moșieresc o economie slab dezvoltată, cu unele ramuri de bază ale industriei aproape inexistente, partidul, călăuzindu-se după învățătura marxist-leninistă, a mobilizat întregul nostru popor pentru industrializarea socialistă a țării, pentru crearea bazei tehnico-materiale a socialismului.

Încă în 1945, la Conferința Națională a P.C.R. din octombrie, partidul a trasat ca linie generală industrializarea și electrificarea țării, dezvoltarea cu precădere a industriei grele, singura capabilă să asigure dezvoltarea multilaterală a ramurilor industriale și să înzestreze agricultura cu mașini moderne.

Înfăptuind în 1948 naționalizarea principalelor mijloace de producție, devenind adevăratul stăpîn al țării și al bogățiilor ei, poporul nostru a desfășurat o uriașă activitate creatoare pentru aplicarea politicii partidului în vederea făuririi unei noi societăți, societatea socialistă.

După naționalizare, partidul a inițiat dezvoltarea planificată a economiei naționale în vederea industrializării și electrificării țării. Luptînd dîrz pentru realizarea programului partidului, înfrîngînd greutățile începutului, oamenii muncii au construit și reconstruit în anii puterii populare sute și sute de întreprinderi înzestrate cu tehnică modernă, au realizat un înalt ritm de dezvoltare a economiei naționale. În ultimii 10 ani industria și-a sporit producția de 3,5 ori, dînd împreună cu construcțiile și transporturile 57% din venitul național, ajungînd astfel factorul hotărîtor al înfloririi întregii economii. Dacă creșterea medie anuală a producției industriale a Romîniei burghezo-moșierești a fost în perioada 1929—1938 de aproximativ 4%, în perioada 1951—1960 creșterea a fost de 13%. În R.P.R., producția industrială a anului 1960 a fost de cinci ori mai mare în comparație cu nivelul antebelic. Astfel, producția industriei constructoare de mașini este de zece ori mai mare, cea a industriei chimice de 11 ori, iar cea de energie electrică de 7 ori. Producția industrială a anului 1938, anul cu cei mai înalți indici de dezvoltare ai Romîniei burghezo-moșierești, a fost realizată în R.P.R. în 1960 în mai puțin de 11 săptămîni, iar venitul național a fost de 2,7 ori mai mare.

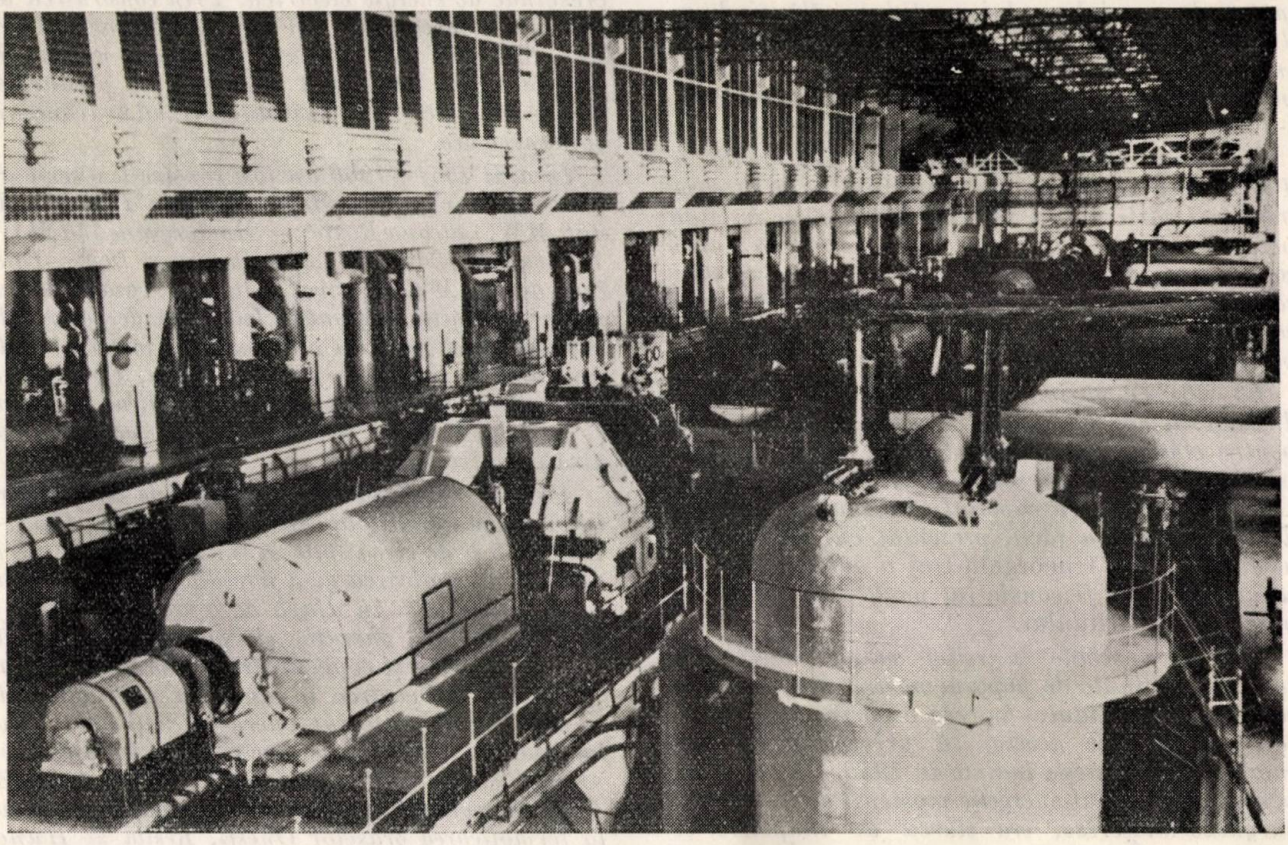
În anii puterii populare au apărut combinate și uzine noi, noi orașe moderne, socialiste, au fost descoperite și date în folosință noi bogății naturale, se construiesc baraje, hidrocentrale, furnale, apar și se dezvoltă noi ramuri industriale.

Urmînd învățătura marxist-leninistă, de industrializare socialistă, de dezvoltare cu precădere a industriei grele și a pivotului ei, în anii puterii populare a luat ființă și s-a dezvoltat industria constructoare de mașini, capabilă să satisfacă în cea mai mare parte cerințele celorlalte ramuri ale economiei, să contribuie tot mai mult la introducerea și extinderea tehnicii noi în economia națională; în ultimii 10 ani, producția industriei constructoare de mașini a crescut de 7 ori. În vederea ridicării continue a nivelului tehnic al producției, au fost obținute succese în ceea ce privește mecanizarea complexă și automatizarea în numeroase ramuri principale ale economiei. Producem în serie utilaj petrolifer, mașini-unelte, motoare și mașini electrotehnice, tractoare și autocamioane, mașini agricole și altele. Republica Populară Română nu numai că își acoperă din propria-i producție necesarul de utilaj petrolifer, dar exportă utilaje complexe, moderne, pentru industria petroliferă în numeroase țări ale lumii.

Pentru creșterea întregii economii naționale, o deosebită importanță o are dezvoltarea rapidă a industriei chimice, a producției de îngrășăminte agricole, mase plastice, fire și fibre sintetice, cauciuc sintetic, celuloză, medicamente etc.

Noile unități ale industriei socialiste, cum sînt combinatul chimic din Onești-Borzești, Întreprinderea de fire și fibre sintetice de la Săvinești, Combinatul pentru valorificarea stufului de la Brăila, Hidrocentrala V. I. Lenin — Bicaz — și altele — contribuie la dezvoltarea regiunilor și schimbă modul de viață al celor ce muncesc.

sarcina creării relațiilor socialiste în agricultură. Așa cum se arată în raportul prezentat de tovarășul Gh. Gheorghiu-Dej *la adunarea festivă organizată cu prilejul aniversării a 40 de ani de la crearea Partidului Comunist din Romînia, la 1 aprilie 1961 sectorul socialist cuprindea 85% din întreaga suprafață arabilă. Mersul ascendent,*



Vedere din sala mașinilor a C.E.T. Borzești, cu instalațiile de termoficare.

Una dintre cele mai importante condiții ale victoriei socialismului asupra capitalismului, productivitatea muncii, ca urmare a introducerii celor mai noi cuceriri ale tehnicii, mecanizării și automatizării proceselor de producție, a ridicării calificării profesionale a muncitorilor, tehnicienilor și inginerilor a crescut în industrie în ultimii 10 ani de 2,2 ori. Partidul, traducînd în viață sarcinile celui de al III-lea Congres, își concentrează atenția în vederea înzestrării economiei naționale cu tehnica cea mai modernă, a modernizării mașinilor și utilajelor existente, a perfecționării tehnologiei, mecanizării complexe și automatizării proceselor de producție.

Și la sate, socialismul își croiește un drum victorios. Marile progrese realizate în dezvoltarea forțelor de producție, întărirea continuă a regimului democrat-popular, a alianței muncitorești-țărănești, au deschis calea realizării cu succes a uneia dintre sarcinile cele mai complexe ale perioadei de construire a economiei socialiste,

victorios în construirea socialismului la sate demonstrează convingător faptul că țărănimea muncitoare, în alianță strînsă cu clasa muncitoare, merg pe un drum comun, drumul indicat de partid.

*

Oamenii muncii din țara noastră au întîmpinat marea noastră sărbătoare, aniversarea a 40 de ani de la crearea partidului, printr-o însuflețită întrecere socialistă, prin noi și glorioase izbînzi în producție. Inițiativa creatoare a oamenilor muncii a fost puternic stimulată de Directivele C.C. al P.M.R. cu privire la criteriile principale ale întrecerii socialiste în întîmpinarea aniversării partidului. La îndemnul partidului, muncitorii, tehnicienii și inginerii antrenați în marea întrecere socialistă au pornit o ofensivă grandioasă pe frontul luptei pentru produse de calitate superioară, la nivelul cerințelor și exigențelor omului societății socialiste. Entuziasmul creator cu care

oamenii muncii au întîmpinat aniversarea partidului reprezintă premize puternice pentru îndeplinirea și depășirea obiectivelor stabilite de cel de-al III-lea Congres al P.M.R.

*

În grandioasa operă de construire a socialismului în țara noastră, de făurire a bazei tehnico-materiale a socialismului, partidul, călăuzindu-se după învățătura leninistă cu privire la rolul și importanța electrificării ca un factor hotărîtor pentru triumful socialismului și comunismului, i-a acordat o deosebită importanță.

Încă în 1945, la Conferința Națională a Partidului Comunist din Romînia, sarcina electrificării țării a fost înscrisă între obiectivele de perspectivă cele mai importante. Construirea unei societăți socialiste a impus necesitatea unei creșteri rapide a potențialului nostru energetic, electrificarea — conform învățăturii leniniste — trebuind să meargă cu un pas înaintea industrializării.

La 26 octombrie 1950, Comitetul Central al P.M.R. a aprobat planul de electrificare a țării pentru etapa 1951—1960, elaborat sub conducerea partidului și personal a tovarășului Gh. Gheorghiu-Dej. *În raportul său asupra planului de electrificare a țării, prezentat cu acest prilej, tovarășul* Gh. Gheorghiu-Dej *a subliniat faptul că acesta poate fi considerat parte integrantă din programul partidului.*

Pentru a scoate în relief marile succese și realizări obținute de poporul nostru muncitor sub conducerea partidului în ceea ce privește electrificarea țării, este necesar să privim la situația energeticii romînești înainte de 1950. Caracteristic pentru potențialul energetic moștenit de la regimul burghezo-moșieresc, era starea de înapoiere și fărîmițare. În 1950, peste 600 centrale mici și neeconomice însumau abia 740 000k W. Rețelele electrice de transport a energiei electrice erau foarte reduse, regiuni întregi ale țării fără linii de înaltă tensiune, electrificarea rurală aproape inexistentă, iată tabloul întunecat al „realizărilor" regimului burghezo-moșieresc pe tărîmul energetic într-o perioadă de 55 de ani.

Consumul de energie pe cap de locuitor era printre cele mai scăzute din Europa, fiind în 1938, anul „prosperității" burgheze, de 72,4 kWh față de circa 504 kWh în Franța, 365 kWh în Italia, 285 kWh în Cehoslovacia.

Iată de ce, în raportul asupra planului de electrificare, tovarășul Gh. Gheorghiu-Dej *sublinia că: „Electrificarea țării noastre se impune ca o sarcină de cea mai mare urgență și însemnătate. Lichidarea înapoierii economice și culturale, pe baza trecerii la marea producție socialistă în industrie și în agricultură este de neconceput fără electrificare".*

Călăuziți de partid, muncitorii, tehnicienii și inginerii din sectorul energetic au reușit să realizeze și să depășească sarcinile trasate prin planul de electrificare în etapa 1951—1960. În această etapă au fost construite centrale electrice cu o putere totală instalată de peste 1 milion kW. Dacă în 1938 puterea instalată era de 501 000 kW, iar în 1950 de 740 000 kW, în 1960 puterea instalată a centralelor electrice existente era de 1779 000 kW. Puterea instalată în centrale, care s-a mărit de circa 2,5 ori, a permis satisfacerea cererilor mereu crescînde de energie electrică. Prin construirea de centrale termoelectrice noi și cu puteri mari, între 24—150 MW cu grupuri de puteri unitare de 12—50 MW s-a mărit concentrarea producției de energie electrică, obținîndu-se rezultate economice superioare.

În anii 1951—1960 au fost construite o serie de termocentrale importante, cum sînt: Paroșeni de 150 MW, „Steaua Roșie" — Sîngiorgiu de 150 MW, Borzești de 125 MW, „Gh. Gheorghiu-Dej" — Doicești de 120 MW care sînt centrale de bază ale sistemului energetic național. În afară de centralele termoelectrice mari au mai fost realizate o serie de centrale de puteri mijlocii: Ovidiu, Comănești, Hunedoara II, noi centrale de termoficare mijlocii și mici la Teleajen, Dărmănești, Roznov, Govora, Brăila, Livezi etc.

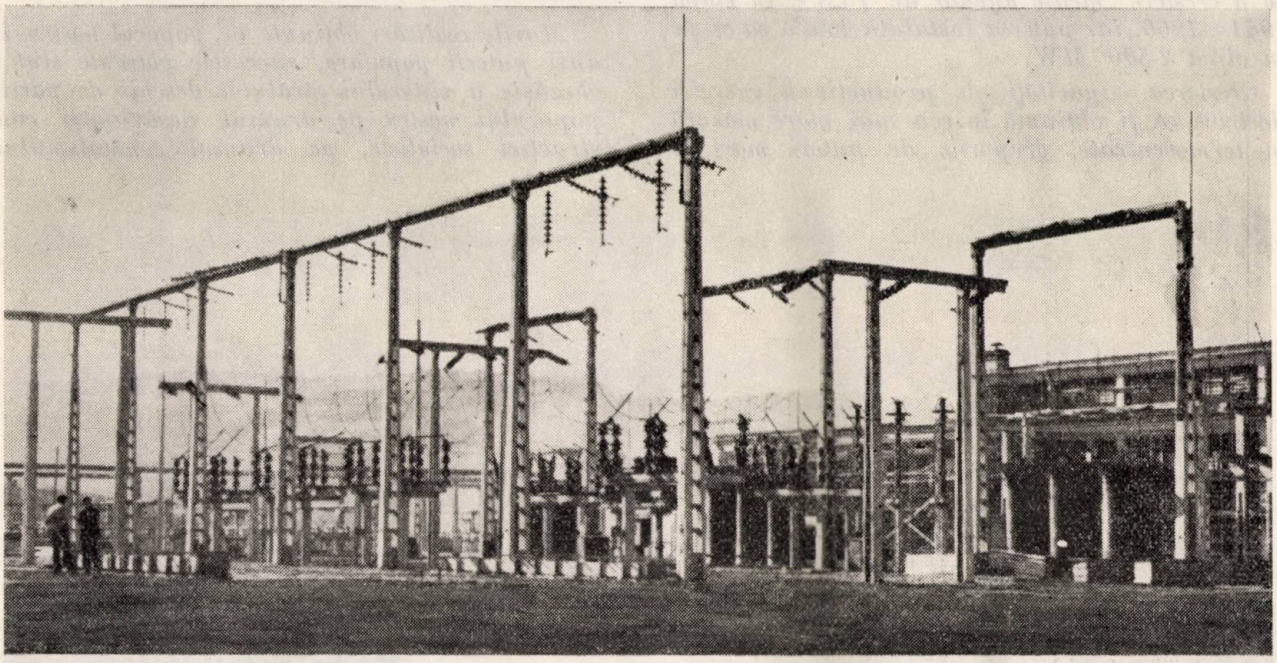
Puterea instalată în centralele de termoficare industrială în anii planului de electrificare 1951—1960 a fost de circa 300 MW. În condițiile țării noastre, termoficarea și-a dovedit pe deplin avantajele permițînd în afară de o creștere rapidă a consumului de energie și posibilitatea urmăririi amplasării și concentrării noilor consumatori precum și încadrarea organică a centralelor de termoficare în sistemul energetic național. Pînă la apariția planului de electrificare, termoficarea urbană era cu totul inexistentă în țara noastră. După întocmirea unor studii ample, s-a trecut la termoficarea orașelor Onești, Reșița și Hunedoara, au început lucrări importante în București și în orașele Arad și Timișoara, iar pentru o serie de alte orașe sînt în stadii avansate, lucrări de proiectare.

Bogatul potențial hidroenergetic al apelor noastre, aurul alb, nu a fost valorificat decît în mică măsură înainte de eliberare. Folosirea potențialului hidroenergetic al rîurilor noastre a constituit unul dintre principalele obiective ale planului de electrificare. Au fost construite în prima etapă uzinele hidroelectrice Moroeni, de 15 000 kW, Sadu V de 15 000 kW și altele. A fost dat în folosință barajul hidrocentralei Sadu V în arc de tip de beton de greutate cu o înălțime de 62 m, o realizare remarcabilă, prima lucrare de acest gen realizată în țara noastră.

Una dintre principalele realizări ale planului de electrificare o constituie hidrocentrala „V. I. Lenin" de la Bicaz, care prin caracteristicile ei este una dintre marile amenajări hidroelectrice din Europa.

Barajul are o înălțime de 127 m și un volum de beton de 1 625 000 m³ și formează un lac de acumulare în lungime de 35 km cu o capacitate

de 1 230 000 000 m³ apă cu o putere instalată de 210 000 kW. În prima etapă au intrat în funcțiune patru agregate cu o putere de 110 000 kW. Pînă în anul 1965, vor fi date în folosință o serie de 10 centrale ce se vor construi pe Bistrița în cascadă, de la Stejarul la Bacău, cu o putere totală de circa 170 000 kW și care vor folosi debitele regularizate de lacul hidrocentralei.



Stația Reșita de 110 kV

Sistemul energetic național unic construit în anii planului de electrificare constituie o realizare de o importanță cu totul deosebită. La sistemul energetic național au fost interconectate noile centrale electrice, localitățile mai importante din toate regiunile țării, iar ulterior acesta a fost completat prin legarea sistemelor energetice locale în regiunile Dobrogea, Crișana, Maramureș și Suceava.

Au fost construite un mare număr de linii electrice, la sfîrșitul anului 1960 fiind în funcție peste 2800 km linii electrice de 110 000 V, în comparație cu 127 km în 1950. Pentru alimentări locale au fost construite un număr mare de linii de 6, 15 și 35 kV atingînd aproximativ 10 000 km.

Marile centre industriale și urbane Reșița, Hunedoara, Timișoara, Iași, Cluj, Craiova, Galați au fost interconectate la sistemul energetic național prin puternice linii de înaltă tensiune. Stațiile de transformare a energiei electrice au cunoscut o mare dezvoltare în anii planului de electrificare; față de două stații de transformare de 110 000 V, existente în 1950, în 1960 funcționau 47 de stații.

În anii primei etape a planului de electrificare, de la circa 850 sate electrificate înainte de 1950, s-a ajuns la peste 3 300 sate; au mai fost electrificate numeroase G.A.C.-uri, G.A.S.-uri și SMT-uri.

Călăuziți de partid, muncitorii, tehnicienii și inginerii din sectorul energetic au depus eforturi susținute pentru îmbunătățirea performanțelor echipamentelor, pentru aplicarea tehnicii noi.

Au fost automatizate procesele principale în toate secțiile centralelor termoelectrice Ovidiu, Doicești, Comănești, Sîngiorgiu, Paroșeni, Borzești și altele.

La toate liniile de 110 kV și la 340 linii cu tensiuni sub 110 kV a fost aplicată reanclanșarea automată rapidă, ceea ce a permis reducerea întreruperilor pe liniile de înaltă tensiune și creșterea siguranței în exploatare. Datorită concentrării puterii în centrale mari, a mecanizărilor, automatizărilor, aplicării celor mai noi realizări în tehnica mondială și ridicării nivelului tehnic al muncitorilor, tehnicienilor și inginerilor din industria energetică, în anii planului de electrificare s-a obținut o reducere masivă a prețului de cost al energiei electrice.

*

Congresul al III-lea al P.M.R., făcînd bilanțul realizărilor, a trasat sarcini măreți în vederea desăvîrșirii construcției socialiste și a trecerii spre comunism. Planul de 6 ani (1960—1965) de dezvoltare a economiei naționale și schița programului de perspectivă prevăd o intensificare a industrializării țării și în special a creșterii

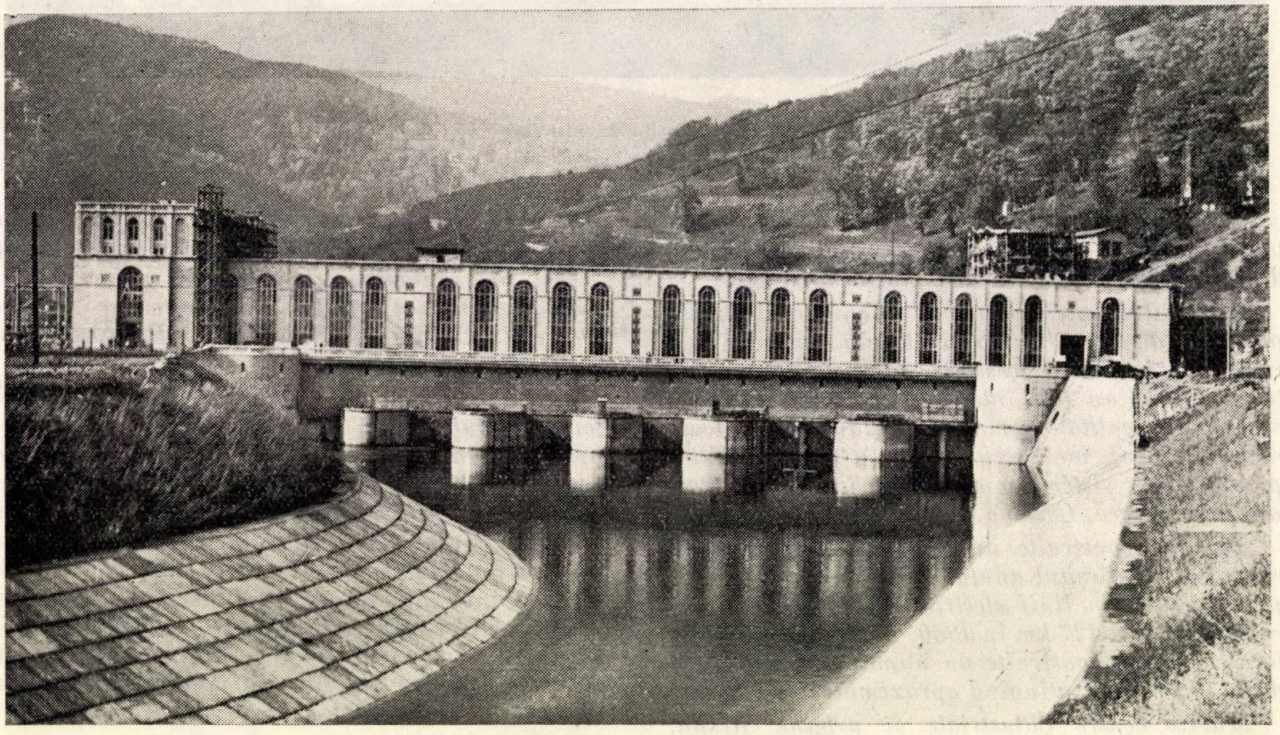
producției de energie electrică într-un ritm superior ritmului de creștere a producției industriale în ansamblu.

Producția de energie electrică va crește în anii 1960—1965 de la 7,7 miliarde la 18,5 miliarde kWh, cu o creștere anuală medie de 19% față de o creștere medie anuală de 13,8% în etapa 1951—1960, iar puterea instalată totală va crește cu circa 2 500 MW.

Creșterea capacității de producție a energiei electrice va fi obținută în cea mai mare măsură în termocentrale, grupurile de puteri mari și parametrii ridicați fiind principalele furnizoare de energie. Confirmînd termoficarea ca o direcție principală a energeticii românești, peste 50% din totalul puterii nou instalate în centralele termoelectrice va fi pe termoficare.

*

Marile realizări obținute de poporul nostru în anii puterii populare, succesele obținute sînt o chezășie a viitorului strălucit deschis de partid poporului nostru pe drumul desăvîrșirii construcției socialiste, pe drumul comunismului.



U.H.E. „V. I. Lenin" Bicaz — fațada principală și racordul cu bazinul de liniștire

Contribuţia I. R. M. E. la ridicarea nivelului tehnic al exploatării şi întreţinerii instalaţiilor energetice

Ing. *GH. BĂLAN*

Producţia de energie electrică aşa cum se prevede în Directivele Congresului al III-lea al PMR. privind planul de dezvoltare a economiei naţionale pe anii 1960—1965 şi pentru programul economic de perspectivă, va creşte într-un ritm rapid prin construirea de centrale noi, prin extinderea centralelor existente şi prin realizarea unui vast program de construcţii de linii de transport de înaltă tensiune cu instalaţiile de distribuţie corespunzătoare.

În aceste condiţii, Întreprinderii pentru Raţionalizarea şi Modernizarea Instalaţiilor Energetice — care a fost creată la propunerea conducerii DGEE — îi revin sarcini importante privind îmbunătăţirea exploatării şi întreţinerii acestor instalaţii.

În ţările socialiste această activitate este condusă şi pusă în aplicare de întreprinderi specializate în această direcţie şi care lucrează în strînsă colaborare cu întreprinderile de centrale şi reţele electrice.

Pentru a-şi atinge scopul propus, IRME duce o activitate complexă şi multilaterală pentru a îmbrăţişa toate problemele legate de exploatarea şi întreţinerea corectă a instalaţiilor.

Pe scurt, cele mai importante preocupări ale întreprinderii, în acest domeniu, sînt următoarele :

1. Activitatea de studii şi cercetări

Această activitate cuprinde:

a) Cercetări experimentale în vederea introducerii unor metode noi, procedeu îmbunătăţit, scheme şi dispozitive ameliorate, etc. Se înţeleg prin aceasta cercetările care se fac în vederea realizării, pentru prima dată, a unei astfel de metode. Asemenea lucrări apar în planul IRME, fie ca autopropuneri, fie ca cereri din partea întreprinderilor, fie, în fine, ca sarcină din partea DGEE.

b) Studii teoretice şi de sinteză cu privire la probleme noi. Astfel de studii au în general rolul de a prezenta stadiul în tehnica mondială al unei probleme neintroduse încă în ţara noastră şi de a trata posibilităţile tehnice şi oportunitatea din punct de vedere economic a introducerii sale la noi. În această categorie intră şi studiile cu contribuţie originală în care se dezvoltă anumite aspecte teoretice ale problemelor studiate.

c) Studii şi cercetări avînd ca obiect stabilirea temei de proiectare pentru unele produse noi ce urmează a se fabrica de către IRME. Astfel de studii şi cercetări se fac numai la probleme de importanţă deosebită, la care, înainte ca serviciile interesate să treacă la pregătire, este necesar un studiu pentru precizarea temei.

2. Asistenţă tehnică pentru raţionalizarea şi modernizarea exploatării instalaţiilor termice şi electrice

În această categorie de lucrări se înţelege : asistenţa tehnică acordată IRE-urilor sau ICE-urilor pentru rezolvarea unor probleme curente de tehnică nouă. Aceste probleme se referă de obicei la extinderea tehnicii noi şi ele se află în planurile tehnice ale întreprinderilor care au sarcina de a le rezolva. Asistenţa tehnică a IRME se poate acorda fie ca urmare a cererii întreprinderilor, fie ca sarcină din partea DGEE, fie ca urmare a propunerii IRME, în cazul cînd IRME află de existenţa unei astfel de sarcini la întreprindere şi consideră că poate acorda un astfel de ajutor.

Conform celor spuse, IRME acordă în momentul de faţă asistenţă tehnică pentru următoarele genuri de instalaţii :

a) instalaţii şi agregate termice,

b) instalaţii electrice (atît partea primară cît şi secundară),

c) încercări şi măsurători tip pentru punerea în funcţiune a instalaţiilor noi,

d) instalaţii de telecomunicaţii prin curenţi purtători (montaj şi punerea în funcţiune a echipamentelor de telefonie de înaltă frecvenţă),

e) instalaţii de telemecanică prin circuite fizice (montaj şi punerea în funcţiune).

3. Realizarea de tipuri noi de aparate

În această ordine de idei se cuprind :

a) aparate electrice şi termice de laborator,

b) aparataj şi elemente de automatizare,

c) echipamente de telefonie şi telemecanică cu instalaţiile anexă.

Produsele cuprinse în planul de asimilări de produse noi al întreprinderii sînt acelea a căror folosinţă este specifică sectorului energetic şi care sînt destinate să ridice nivelul tehnic în exploatarea şi întreţinerea instalaţiilor energetice.

Instalaţiile energetice pun în faţa personalului de exploatare şi întreţinere probleme variate şi complexe iar rezolvarea lor nu se face decît în măsura în care acest personal are la îndemînă un aparataj variat şi de bună calitate pentru a putea face măsurători şi a trage concluziile necesare.

De aceea an de an vor trebui să fie însușite un număr destul de mare de aparate noi, în medie 25—30 tipuri, pentru a putea face față cerințelor tot mai mari ce se pun în domeniul instalațiilor energetice.

4. Construcția de aparataj de serie mică

Realizarea acestor aparate se face pe baza rezultatelor studiilor și a încercărilor efectuate în cadrul întreprinderii sau pe baza colaborării cu alte instituții de specialitate. Ele se introduc în procesul de fabricație numai în situația în care sînt necesare cantități reduse și nu se justifică a fi executate de fabricile constructoare de aparataj electric sau de a fi aduse din import.

De asemenea s-a avut în vedere că fabricarea acestora pentru început la IRME poate să constituie o etapă intermediară care să satisfacă necesitățile sectorului energetic atît timp cît cantitățile sînt mici, urmînd ca odată cu creșterea solicitatorilor execuția să fie trecută la una din întreprinderile profilate în acest sens, atunci cînd se justifică din punct de vedere tehnico-economic. În acel moment urmează ca experiența obținută precum și tehnologia și documentațiile de execuție să fie predate integral fabricii în cauză.

5. Reparații și modificări de relee și aparate de măsură pentru acelea care necesită o utilare specială a atelierului și o calificare deosebită a personalului

Dintre lucrările mai importante executate de IRME în colaborare cu centralele și întreprinderile regionale de electriciate se pot cita următoarele :

La C.T.E. Fîntînele

— modificarea alimentării cu abur a preîncălzitorilor de înaltă presiune — economii 200 000 lei/an,

— spălarea de săruri a turbinelor cu abur saturat de joasă presiune, la turație scăzută,

— montarea expandorului pentru purjare continuă a cazanelor,

— remedierea defecțiunilor care împiedică funcționarea normală a preîncălzitorului nr. 1.

La IRE Ploești

— introducerea preîncălzirii regenerative la TA. 3 Cîmpina — economii 250 000 lei/an.

La C.T.E. OVIDIU II

— îmbunătățirea arderii, reducerea la mai puțin de jumătate a nearselor din zgură și cenușă — economii 1 000 000 lei/an,

— mărirea debitului cazanului de la 75 la 90 tone/oră și asigurarea funcționării pe cărbune a cazanelor.

La IRE Cluj

— modernizarea cazanelor de la Aghireș care au condus la mărirea debitului cu aprox. 50% și s-au eliminat complet înfundările cu zgură ale cazanelor. De asemenea s-au făcut proiecte tehnice pentru modernizarea următoarelor cazane : Tîrnăveni, Gura Barza (în curs de execuție) și Doicești (care se găsește în lucru),

— s-au făcut probe cu rezultate pozitive la două turbine de condensație : *IRE* Brașov și IRE Dobrogea pentru folosirea lor în regim de termoficare (funcționare cu vid înrăutățit sau contrapresiune),

— introducerea de metode noi în domeniul localizării defectelor în rețelele electrice, în care scop a fost realizat pînă în prezent la un nivel tehnic superior locatorul de linii și în curs de execuție locatorul de cable,

— introducerea curentului operativ alternativ, introducerea protecției de înaltă frecvență, studii ce s-au soldat cu rezultate concrete, în urma cărora se vor construi tot la IRME utilajele respective în cursul anului 1961,

— au fost îmbunătățite aparate ca : C2/C50 ; — automatul de telefon al echipamentului BLD ; aparatul turbotest și este în curs de perfecționare echipamentul de telefonie BLU în vederea realizării funcționării cu benzi lipite și creării operativității dispecerului prin asigurarea priorității în convorbire și a apelului colectiv

Pînă în prezent au fost executate și livrate întreprinderilor din cadrul sectorului energetic un număr de 15 tipuri de produse, din care cele mai importante sînt :

— analizator de rețea în curent continuu,
— inductoare de 500 și 1 000 V,
— clește ampermetru,
— diferite truse pentru încercat și verificat relee,
— turbotest,
— vibrometru electronic portativ și de panou,
— diferite tipuri speciale de relee (releu de pîlpîire, de impulsuri tip RIS, RAR, etc.)
— echipament de telefonie cu bandă laterală dublă și anexe, etc.

Sînt în curs de asimilare un număr de 27 produse noi, din care citäm :

— stație trifazică pentru verificat aparate și relee secundare,
— punte tg delta,
— locator pentru determinarea defectelor în cable,
— instalație de automatizare pentru cazane de medie presiune,
— avertizor stingere flăcări la cazane,
— RAR cu mai multe cicluri,
— echipament de protecție prin curenți purtători pentru linii funcționînd bloc cu transformatorii,
— echipament de telefonie pe unde ultrascurte (radiotelefon), etc.

Desigur toate aceste realizări constituie un început și mai sînt încă lipsuri în activitatea IRME.

Astfel calitatea unor aparate încă nu este la nivelul tehnicii actuale, mai sînt multe sezisări din partea beneficiarilor în privința comportării acestor aparate în exploatare.

Asistența tehnică pentru partea electrică a instalațiilor energetice, deși se știe că sînt foarte multe de făcut, este foarte slabă. Însuși planul tehnic primit conține foarte multe studii teoretice generale fără să fie legate de o aplicare practică și imediată. În cadrul sectorului energetic nivelul de exploatare și întreținere a instalațiilor energetice este diferit.

Astfel sînt întreprinderi nou înființate care trebuie ajutate mult pentru a ajunge cel puțin la nivelul întreprinderilor mai ridicate.

Deocamdată se resimte o lipsă acută de aparate și utilaje de precizie cu care să se poată face măsurători și încercări complexe.

Pentru rezolvarea acestor obiective la un nivel corespunzător tehnicii actuale, intern a fost necesară luarea unor măsuri tehnice și organizatorice care să asigure îndeplinirea cu succes a acestor sarcini și anume:

1. Astfel au fost reorganizate și întărite serviciile de concepție creîndu-se totodată și serviciul de raționalizări electrice.

2. Pentru asigurarea ridicării calității produselor a fost reorganizat și întărit serviciul control tehnic de calitate și a fost organizată problema omologării produselor.

3. Nu a fost neglijat nici aspectul exterior al produselor, fiind creat în cadrul serviciului tehnologic un colectiv care să se ocupe special de forma constructivă, condus de un arhitect de specialitate.

4. Tot în vederea ridicării calității produselor precum și în vederea asigurării exploatării lor la nivelul tehnic corespunzător a fost reglementată problema urmăririi în exploatare a produselor IRME și livrarea către beneficiar a unei documentații tehnice cît mai complete.

5. Pentru evitarea paralelismului s-a căutat introducerea numai a acelor produse care nu le fabrică alte întreprinderi.

6. Munca de documentare tehnică a fost și ea asigurată prin urmărirea completării bibliotecii cu cărțile și revistele necesare precum și urmărirea procurării de informații tehnice și prospecte ale produselor indigene și străine, organizîndu-se consultarea lor.

7. Pentru coordonarea activității de tehnică nouă atît pentru probleme de studii, cercetări și proiectare cît și pentru problemele de tehnologie înaintată, a fost constituit un colectiv de tehnică nouă care se ocupă de problema stabilirii în amănunt a sarcinilor ce revin întreprinderii pe linie de introducerea tehnicii noi și de modul cum această măsură poate fi aplicată. În mod concret, pînă în prezent acest colectiv a analizat produsele IRME și a stabilit care din produse trebuie reproiectate total sau parțial în vederea ridicării calității. Acestea sînt în număr de 10, printre care cităm: echipament BLD, BLU (partea de telefonie și automat în special), filtru de cuplaj, cleste Dietz, punte tg delta, vibrometre, etc.

8. Au fost stabilite și perfectate planuri de colaborare cu alte instituții, colaborare care s-a dovedit a fi rodnică. Exemple putem cita: Laboratorul Central de Telecomunicații, ICET etc.

9. S-a dat o atenție deosebită planului de import privind modelele de produse care să fie la nivelul tehnicii mondiale precum și a utilajului tehnic necesar pentru organizarea unor standuri de probă corespunzătoare.

10. A fost întocmit un studiu privind dotarea cu laboratoare care să ducă la creșterea calității produselor noi precum și efectuarea de cercetări experimentale complexe.

În etapa actuală efortruile colectivului IRME trebuie să fie îndreptate asupra următoarelor obiective:

a) *Dezvoltarea activității de raționalizări electrice și termice* care să ocupe un loc cel puțin egal cu acela al fabricației de produse.

În această privință va trebui să se facă mai mult simțite prezența și rolul pe care trebuie să-l joace Serviciul de Raționalizări Electrice în ridicarea nivelului tehnic al instalațiilor energetice.

După părerea noastră, în etapa actuală un mare accent va trebui pus pe asistența tehnică și în mai mică măsură pe celelalte preocupări.

În dezvoltarea de viitor însă accentul va trebui să treacă treptat asupra studiilor și cercetărilor pe măsură ce se va micșora nevoia unei asistențe tehnice acordată întreprinderilor.

Pentru a putea răspunde cu succes sarcinii actuale, care este asistența tehnică, va trebui ca la întocmirea planurilor viitoare să se țină seama cu precădere de acest criteriu. Totodată pentru rezolvarea planului tehnic în curs, în spiritul descris mai sus, este necesar ca fiecare lucrare din plan să fie reconsiderată sub aspectul aplicabilității ei imediate în exploatare, căutîndu-se întreprinderile direct interesate în rezolvarea temelor respective. Numai în acest fel considerăm că va putea fi valorificată și apreciată munca depusă în IRME.

Dintre cele mai importante probleme care să constituie sfera de preocupări a IRME-ului, putem cita:

— analiza schemelor sistemelor locale din punct de vedere al siguranței în alimentarea consumatorilor și a reducerii pierderilor în rețea,

— probleme de aparataj și echipament electric. În acest sens IRME trebuie să cunoască comportarea și deficiențele constatate în exploa-

tarea echipamentelor şi aparatajului electric şi realizările din alte ţări pentru a putea susţine exigenţele DGEE faţă de industria constructoare electrotehnică,

— organizarea laboratoarelor PRAM din IRE-uri,

— protecţia contra supratensiunilor şi modul de organizare privind culegerea datelor.

Pentru partea termică trebuie să se pună un accent mai mare pe următoarele genuri de lucrări :

— folosirea turbinelor vechi de condensaţie pentru termoficări urbane sau industriale,

— stabilirea de metode tehnice avansate pentru depistarea neetanşeităţilor instalaţiilor sub vid în vederea obţinerii unor indici la nivelul tehnicii actuale,

— organizarea fabricaţiei dispozitivelor şi aparatelor pentru automatizarea proceselor energetice în vederea introducerii lor în centrale,

— organizarea ridicării caracteristicilor agregatelor auxiliare în vederea cunoaşterii şi îmbunătăţirii randamentelor,

— lucrări privind modernizarea agregatelor de cazane. Se are în vedere elaborarea de proiecte tehnico-economice pentru modernizarea cazanelor la care se depăşeşte temperatura gazelor la ieşire, etc.

b) *Realizarea unor noi tipuri de echipamente de telefonie de înaltă frecvenţă combinate cu canale de telemăsură.* Întrucît problema conducerii unice a sectorului energetic dintr-un singur punct este de mare actualitate în momentul de faţă, se impune ca o necesitate dotarea cu echipamente de telecomunicaţii şi telemecanică de mare eficacitate şi la un nivel tehnic foarte ridicat într-un timp foarte scurt.

De asemenea o mare importanţă se va acorda şi modului de comportare în exploatare a acestor echipamente pentru a ţine cont la îmbunătăţirea ulterioară a lor.

c) *Asigurarea cu aparataj cît mai variat necesar dotării laboratoarelor PRAM şi termotehnice din centrale.* În acest scop s-a întocmit un studiu care să conţină necesarul minim de aparate pentru aceste laboratoare trecîndu-se imediat la realizarea lor în cadrul întreprinderii.

d) *Un accent deosebit se va pune pe înfiinţarea unor laboratoare utilate cu aparataj modern şi cît mai variat.* În cadrul acestor laboratoare vor fi rezolvate atît necesităţile privind activitatea de studii şi cercetări cît şi cele pentru producţia curentă.

IRME este o întreprindere relativ tînără; comparînd rezultatele activităţii depuse pînă în prezent, socotim că s-au obţinut rezultate bune. Totuşi nu ne oprim aici.

Apreciindu-se ajutorul substanţial şi multilateral primit de la conducerea DGEE, colectivul întreprinderii IRME îşi propune să depună eforturi susţinute pentru a rezolva şi mai bine sarcinile care stau în faţa energeticii din ţara noastră.

Aspecte din primele lucrări de termoficare executate în oraşul Bucureşti

ing. *M. VOINEA* şi ing. *M. BELDIMAN*

Directivele Congresului al III-lea al P.M.R. pentru planul de dezvoltare a economiei naţionale în intervalul 1960—1965 prevăd ca mai mult de jumătate din puterea care se va instala în ţară în centrale termoelectrice să fie realizată în grupuri turbogeneratoare de termoficare.

Pe lîngă o serie de lucrări de termoficare industrială şi urbană a început din anul 1960 şi realizarea termoficării urbane în oraşul Bucureşti.

Schema de principiu de termoficare aplicată în perioada de început în Bucureşti a fost următoarea : în cele două surse de căldură, CET Grozăveşti şi CET Grivita Roşie, apa se preîncălzeşte de la 70°C, cu cît se reîntoarce din reţea, pînă la 150°C (la sarcina maximă termică).

Preîncălzirea apei se face în două trepte : prima este un preîncălzitor de bază şi a doua un preîncălzitor în vîrf. Această schemă urmează a fi îmbunătăţită în anul 1962, prin introducerea de cazane de apă fierbinte în locul preîncălzitorului de vîrf.

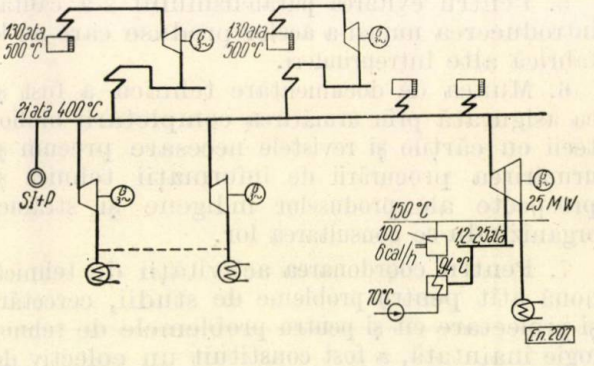


Fig. 1. Schemă termică de principiu — CET Grozăveşti

Consumul de căldură realizat în iarna 1960—1961 a fost de circa 8 Gcal/h. Consumul de

căldură preliminat a se satisface prin termoficare în iarna 1961—1962 este de circa 92 Gcal/h.

Acoperirea acestor consumuri se face din următoarele grupuri :

— în CET Grozăveşti un grup de 25 MW, cu condensaţie şi priză reglabilă la 1,2—2,5 ata ;

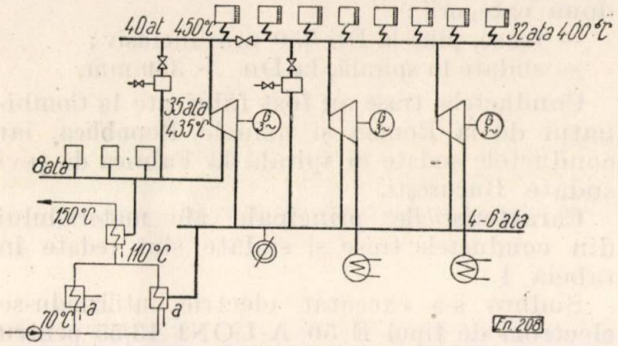


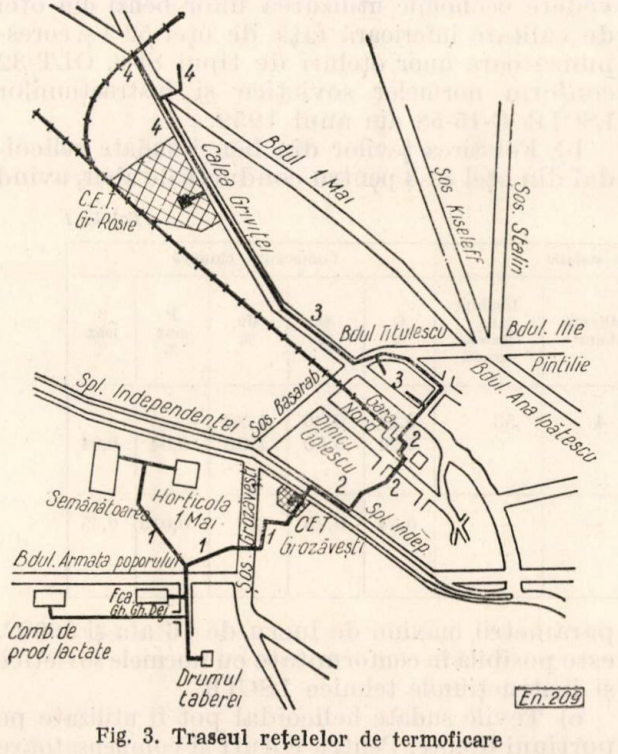
Fig. 2. Schemă termică de principiu — CET Griviţa Roşie

— în CET Griviţa Roşie două grupuri de 1,6 MW, cu condensaţie şi priză reglabilă la 4—6 ata.

Schemele termice de principiu ale celor două centrale sînt redate în figurile 1 şi 2.

1. Reţele de termoficare

Pentru alimentarea cu căldură s-au construit şi dat în exploatare, pînă la finele anului 1960,


Calea Griviţei
Bdul 1 Mai
Şos. Kiseleff
Şos. Stelin
C.E.T. Gr. Roşie
Bdul Titulescu
Bdul. Ilie Pintilie
Bdul. Ana Ipătescu
Spl. Independenţei
Şos. Basarab
Piaţa Gării de Nord
Piaţa Dacia
Piaţa Victoriei
Piaţa Romană
Piaţa Universităţii
Piaţa Rosetti
Piaţa Dorobanţi
Piaţa Victoria

2 × Dn 400 mm şi 2 × Dn 350 mm Calea Griviţei (între pasajul Basarab şi str. Caraiman).

Reţeaua locală Griviţa Roşie este delimitată între str. Caraiman şi str. Carpaţi. Magistrala porneşte cu 2 × Dn 300 mm din CET Griviţa Roşie pînă la Calea Griviţei, de la care se ramifică cu 2 ×Dn 350 mm spre str. Caraiman şi cu 2 × Dn 300 mm spre str. Carpaţi.

Din piaţa 13 Decembrie pleacă o derivaţie importantă cu 2 × Dn 300 mm pe bul. 1 Mai. Lungimea totală a reţelei Griviţa Roşie este de 2,7 km.

În oraşul Bucureşti, pînă la finele trimestrului 1. 1961, s-au executat circa 13 km de reţea de termoficare.

1.2. *Probleme de aşezare a conductelor*

Încadrarea reţelei de termoficare (realizată în canale de beton armat), în gospodăria subterană existentă a oraşului a pus probleme dificile.

S-a căutat să se amplaseze magistralele cît mai mult în afara părţilor carosabile, utilizîndu-se curţi interioare, spaţii verzi şi uneori trotuare.

Practica a arătat că amplasarea pe trotuar a unor reţele de diametre pînă la Dn 400 mm este posibilă şi conduce la modificări mici ale racordurilor la alte reţele ale clădirilor existente.

Dificultăţile cele mai mari au apărut la intersecţia arterelor mari de circulaţie (Splaiul Independenţei, Piaţa Gării de Nord, Calea Griviţei şi bul. Titulescu). În general, traversarea acestor artere de circulaţie s-a făcut prin canale semivizitabile. În celelate zone reţeaua de termoficare s-a aşezat în canale nevizitabile.

Se menţionează că în prezent majoritatea întreprinderilor care exploatează reţele subterane nu posedă o evidenţă corectă a acestora, ceea ce conduce la greutăţi mari în aşezarea reţelelor de termoficare.

Viteza de execuţie realizată de ambele întreprinderi a fost de circa 1,2 km reţea/lună.

1.3.1. *Partea mecanică.* În acest paragraf se vor reda elementele utilizate în realizarea părţii mecanice a reţelelor de termoficare.

1.3.1.1. C o n d u c t e. Conductele montate în reţelele de termoficare din Bucureşti sînt de două categorii :

— trase, pînă la Dn 350 mm inclusiv ;

— sudate în spirală, la Dn > 350 mm.

Conductele trase au fost fabricate la Combinatul de la Roman şi uzinele Republica, iar conductele sudate în spirală la Fabrica de ţevi sudate Bucureşti.

Caracteristicile principale ale materialului din conductele trase şi sudate sînt redate în tabela 1.

Sudura s-a executat electric, utilizîndu-se electrozi de tipul E 50 A-UONI 13/55 pentru conductele trase şi de tipul OK-50 P pentru conductele sudate în spirală.

Se menţionează că pentru ţevile sudate în spirală s-au executat încercări la CET Grozăveşti ale căror rezultate au condus la următoarele constatări şi concluzii :

a) Folosirea ţevilor din benzi de oţel sudate helicoidal din oţel 52-3 pentru conducte de apă fierbinte, avînd parametrii de 16 ata şi 150°C este pe deplin posibilă şi în concordanţă cu normele tehnice sovietice şi romîneşti.

Se menţionează că este indicată din punct de vedere economic utilizarea unor benzi din oţel de calitate inferioară faţă de oţel 52-3 şi corespunzătoare unor oţeluri de tipul St-3, OLT-32 conform normelor sovietice şi instrucţiunilor ISCIR C-15-58 din anul 1959.

b) Folosirea ţevilor din benzi sudate helicoidal din oţel 52-3 pentru conducte de abur, avînd

Tabela 1

Denumirea	Material	Materialul de bază		Îmbinarea sudată			Compoziţia chimică				
		Limita de rupere kgf/mm²	Alungirea relativă, %	Limita de rupere, kgf/mm²	Rezilienţa, kgf/cm²	Unghiul de flexiune, (grade)	C %	Si %	Mn %	P max %	S max %
Ţeavă sudată în spirală	Oţel 52—3	50	22	50	4	53	0,13 0,24	0,30 0,50	1,20 1,50	0,04	0,04
Ţeavă trasă	OLT—45 STAS 2881—51	46	25	—	—	—	0,24	0,25	0,6	0,015	0,35

1.3. *Construcţia reţelelor de transport, distribuţie şi racord.*

Reţelele de termoficare realizate pînă în prezent în Bucureşti au fost executate de :

— Trustul de Construcţii şi Montaje Energetice, pentru magistrala nr. 1 de vest.

— Întreprinderea de Construcţii Hidrotehnice şi Foraje pentru reţelele din zona de nord Grozăveşti.

parametrii maximi de lucru de 16 ata şi 300°C, este posibilă în conformitate cu normele sovietice şi instrucţiunile tehnice ISCIR.

c) Ţevile sudate helicoidal pot fi utilizate pe porţiuni drepte. Pentru coturi şi compensatoare se propune a se utiliza curbe din ţevi trase sau curbe din segmenţi.

d) Este necesar ca Fabrica de ţevi sudate Bucureşti, împreună cu ISCIR şi organele

competente din M.M.C.M. să elaboreze condiții tehnice speciale de fabricație și controlul calității produselor finite. Este necesar ca forurile de specialitate, inclusiv ISCIR, să definitiveze valoarea eforturilor maxime admise la țevile din benzi de oțel 52-3, precum și parametrii limită de utilizare a țevilor sudate helicoidal, ținînd seama de calitățile oțelului folosit.

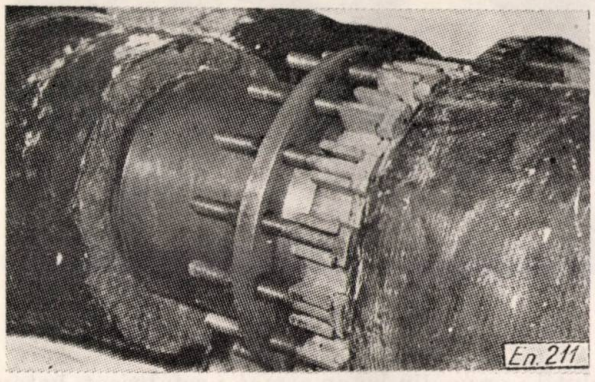


Fig. 5

Curățirea conductelor s-a făcut manual. După curățire, conductele au fost vopsite tot manual cu miniu de plumb.

Pentru controlul dilatărilor termice și compensarea lor, conductele au fost rigidizate prin puncte fixe amplasate în canal și cămine la așezarea subterană și pe stîlpi de beton armat, la așezarea aeriană.

1.3.1.2. Compensarea dilatărilor. Între două puncte fixe s-au prevăzut în afara zonelor cu compensare naturală la așezarea subterană compensatoare axiale cu presetupă (fig. 5) pentru conductele cu diametre mai mari

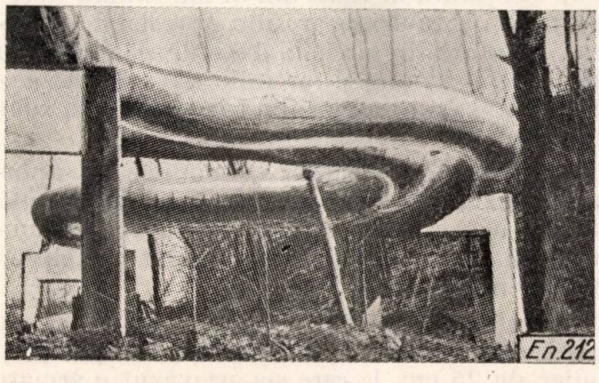


Fig. 6

de 150 mm, iar pentru conductele sub Dn 150 mm compensatoare tip U. La așezarea aeriană s-au utilizat pentru compensare numai compensatoare tip U (fig. 6).

Compensatoarele axiale s-au amplasat în cămine împreună cu vane și punctul fix aferent.

Sprijinirea și ghidarea conductelor s-a făcut în canal prin suporți mobili alunecători, iar în așezarea aeriană prin suporți mobili cu role.

1.3.2. *Izolarea conductelor.* În prezent nu există în țara noastră un sistem perfecționat de izolare, în sensul mecanizării procesului tehnologic. Materialele principale termoizolante sînt cele folosite pînă acum pe scară largă și care dau rezultate satisfăcătoare. De aceea, la rețelele de termoficare din București s-a adoptat sistemul de izolare a conductelor „prin înfășurare" cu pîslă de vată minerală. Tot procesul este manual.

Tehnologia izolării se desfășoară astfel:

a) Se curăță exteriorul conductei cu peria de sîrmă;

b) Se acoperă cu un strat de miniu de plumb;

c) Pentru conducte Dn > 150 mm se aplică rogojini de pîslă de vată minerală, de grosimea necesară, cusute pe plasă de sîrmă zincată cu ochiuri de maximum 20 mm. Coaserea se face cu sîrmă zincată de 0,5—0,8 mm. Plasa de sîrmă este în exterior.

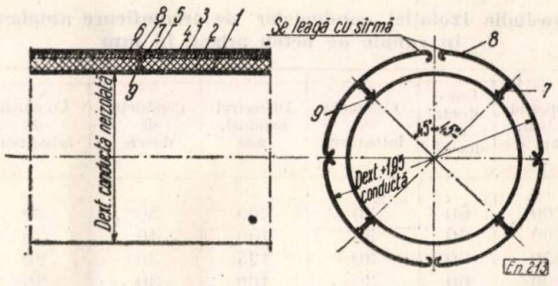


Fig. 7. Detaliu de izolație:
1 — vopsea miniu de plumb; *2* — pîslă de vată minerală; *3* — plasă de sîrmă zincată; *4* — carton asfaltat; *5* — carton asfaltat; *6* — bitum; *7* — picior distanțier; *8* — cerc distanțier; *9* — carton asbest.

d) Se montează inele distanțiere (confecționate din trei sau patru arce de cerc, conform detaliului din fig. 7) la intervale de 0,5 m. Inelele se leagă cu sîrmă zincată de plasa de sîrmă, pentru a împiedica deplasarea. Capetele picioarelor distanțiere se învelesc în carton de asbest, legat cu sîrmă pentru a împiedica contactul direct cu conducta.

e) Pentru conducte Dn 150 mm ⩽ se aplică rogojini de pîslă de vată minerală, cu grosimea necesară, cusute pe plasă de sîrmă zincată cu ochiuri de maximum 20 mm. Coaserea se va face cu sîrmă zincată de 0,5— 0,8 mm. Plasa de sîrmă este la exterior.

f) Rogojinile sînt strînse pe conductă prin legare cu sîrmă de 1,4 mm, cu 4 spire pe ml.

g) În ambele cazuri se aplică în exterior două straturi de carton asfaltat (primul strat nebituminat, al doilea strat bituminat).

Rosturile de închidere (longitudinale și transversale) ale învelitorilor din carton asfaltat vor trebui să alterneze.

Pentru conductele așezate aerian se aplică un singur strat de carton bituminat, iar al doilea strat de carton este înlocuit cu tablă galvanizată de 0,5 mm, încheindu-se pe generatoare în falț, iar pe circumferință prin suprapunere.

Valorile grosimilor optime ale stratului termo izolant de vată minerală variază în funcție de diametrul conductei și de felul combustibilului folosit la CET. Grosimile optime, redate în tabela 2, sînt calculate pentru condițiile din orașul București, în cazul izolării conductelor prin înfășurare cu material termoizolant cu un coeficient de conductibilitate termică $\lambda = 0{,}04 - 0{,}08$ kcal/m.h. grd, în canale nevizitabile și semivizitabile din beton armat.

În cazul așezării aeriene a rețelelor de termoficare s-au prevăzut următoarele grosimi ale stratului termoizolant de vată minerală pe magistralele Dn 500 mm și Dn 700 mm: pe conducta de ducere 80 mm, iar pe conducta de întoarcere de 50 mm.

Tabela 2

Grosimile izolației conductelor de termoficare amplasate în canale de beton armat, în mm

Diametrul nominal, mm	Conducta de ducere	Conducta de întoarcere	Diametrul nominal, mm	Conducta de ducere	Conducta de întoarcere
700	60	30	200	50	30
500	60	30	150	40	20
450	60	30	125	30	20
400	60	30	100	30	20
350	60	30	80	30	20
300	60	30	65	30	20
250	50	30			

Vata minerală (în realitate o pîslă minerală cu liant bituminos) folosită la izolarea conductelor de termoficare provine de la fabrica Teleajen și intră în prevederile STAS 5839-58.

Caracteristicile fizico-mecanice ale pîslei minerale, conform buletinului de încercări, sînt următoarele:

- densitate aparentă sub sarcina de 0,005 kgf/cm², g/dm³ — 190
- coeficientul de revenire la volumul inițial după îndepărtarea sarcinii de 0,1 kgf/cm² — 0,8
- umiditate % — 0,08
- higroscopicitate % — 0,14
- coeficient de conductivitate termică la temperatura de 50°C, kcal/m.h. grd — 0,04
- conținutul de bitum % — 2,86
- modulul de aciditate — 1,16
- conținutul de sulf % — 0,8
- rezistența de rupere de-a lungul straturilor, la o viteză de 1—1,2 mm/s, kgf/cm² — 0,95

În figura 8 una din conducte are izolația terminată, iar cealaltă în stadiul dinainte de acoperire cu bitum.

1.3.3. *Partea de construcții.* În scopul stabilirii tipului de canal, au fost studiate mai multe

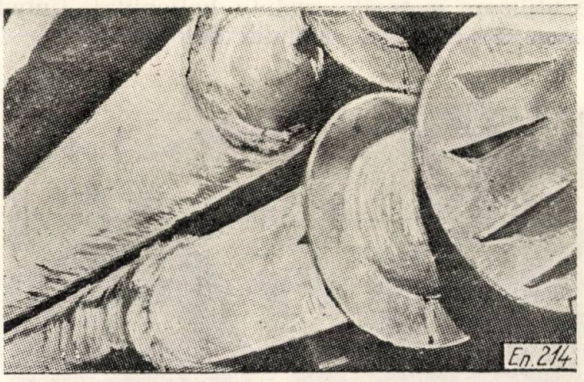


Fig. 8

soluții: cuve din beton armat prefabricat, beton armat monolit și canal din beton simplu. Dintre acestea s-a ales soluția cu canal din beton armat monolit cu armare minimă.

Motivele care au condus la alegerea acestei soluții au fost următoarele:

a) Soluția privind executarea canalului din cuve de beton armat prefabricat, preferată inițial de constructor, care reducea timpul de execuție pe șantier a fost abandonată, deoarece, în timpul scurt de execuție a lucrării, întreprinderile profilate pentru confecționarea de prefabricate nu au putut garanta livrarea în timp a cuvelor respective. În afară de aceasta, din punct de vedere al tonajului, cuvele trebuiau executate cu pereți relativ subțiri, ceea ce conducea la un consum ridicat de oțel beton și deci la o scumpire a lucrării.

b) Secțiunea de canal din beton simplu necesită pereți și radier de grosimi apreciabile, deoarece, în afară de sarcinile date de pămînt, s-au luat în considerare și sarcinile date de autovehicule, traseul canalelor fiind în general în zone carosabile.

Ca urmare a calculelor economice s-a ajuns la concluzia că această secțiune nu este indicată nici sub aspectul investițiilor, ea fiind mai scumpă decît o secțiune de beton armat monolit cu armare minimă.

În concluzie, a fost adoptată secțiunea de canal din beton armat monolit, cu pereți și radier de 25 cm, la care s-a prevăzut o armare minimă de 25—28 kg/m³. Plăcile de acoperire sînt din beton armat prefabricat.

În figura 8 se redă o secțiune prin canalul tip folosit la construcția rețelelor, iar în tabela 3 dimensiunile interioare ale canalelor de beton armat.

In aşezarea aeriană, conductele au fost instalate pe stîlpi de beton armat monolit (fig. 9).

Pentru uşurinţa transportului şi a montajului, greutatea plăcilor prefabricate pentru acoperirea canalelor nu depăşeşte 500 kg/placă.

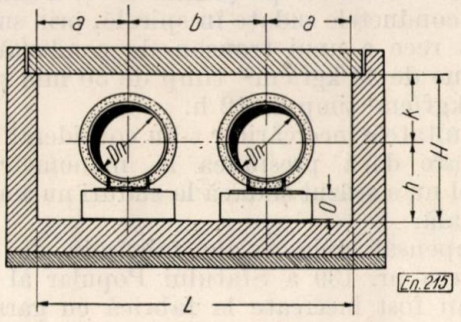


Fig. 9. Secţiune în canal de beton armat

Din studiile geotehnice rezultă că nivelul apelor subterane este în general la o adîncime mai mare de 4 m, deci sub nivelul obişnuit la care s-a prevăzut radierul canalelor şi căminelor.

Tabela 3

Dimensiunile interioare ale canalelor de beton armat

Dn	*L*	*H*	*a*	*b*	*h*	*k*	*o*
40	350	200	75	200	130	70	50
50	350	200	75	200	130	70	50
65	350	200	75	200	130	70	50
80	800	400	225	350	240	160	140
100	800	400	225	350	240	160	140
125	800	400	225	350	240	160	120
150	800	400	225	350	240	160	110
200	1 200	600	325	550	340	260	160
250	1 200	600	325	550	340	260	140
300	1 200	600	325	550	340	260	110
350	1 600	800	425	750	440	360	180
400	1 600	800	425	750	440	360	160
450	1 600	800	425	750	440	360	120
500	1 900	1 000	475	950	570	430	220
600	1 900	1 000	475	950	570	430	160
700	2 600	1 200	600	1 400	660	540	160
800	2 600	1 200	600	1 400	660	540	120
900	3 100	1 400	725	1 650	750	650	160
1 000	3 100	1 400	725	1 650	750	650	120

Pentru ca apele de infiltraţie să nu pătrundă în canale, peste plăcile de acoperire a canalelor şi căminelor s-a realizat o izolaţie hidrofugă, alcătuită din două straturi de carton asfaltat între trei straturi de bitum şi o şapă de beton pentru protecţia izolaţiei.

În general, panta canalului urmăreşte panta conductelor, de cel puţin 2‰. În cămine s-au prevăzut puţuri colectoare pentru eventualele infiltraţii sau pierderi de apă din reţea. De aici, apa este evacuată fie cu pompe, fie la canal, prin intermediul pieselor de refulare prevăzute în unele cămine.

În general, spijinirea săpăturilor a fost de tip mijlociu. În unele zone unde terenul a fost nisipos, s-au realizat sprijiniri verticale.

1.4. *Dificultăţile întîmpinate în realizarea reţelelor*

Dificultăţile mai importante care au apărut la realizarea reţelelor au fost următoarele :

a) Stratificaţia reală a solului faţă de referatele geologice a fost mult diferită, prezentînd terenuri de umplutură şi nisipuri care au provocat surpări în timpul ploilor. De aceea au fost necesare corectări în unele locuri importante de săpătură şi adoptarea de sprijiniri verticale.

În unele puncte nivelul apelor subterane a fost mai ridicat decît cel indicat în referatul hidrologic, ceea ce a impus adoptarea de izolaţii corespunzătoare sau ridicarea canalelor şi căminelor.

b) În prezent, majoritatea întreprinderilor care exploatează reţele subterane nu posedă o evidenţă exactă a acestora, atît în plan cît şi pe verticală. Aceasta a condus ca la deschiderea punctelor de intersecţie, operaţii care în majoritatea cazurilor s-au făcut tîrziu, să se găsească situaţii cu totul diferite faţă de cele indicate. Ca urmare s-au căutat şi s-au dat soluţii locale de adaptare a proiectului, ca de exemplu traversările Splaiului Independenţei, bul. Dinicu Golescu, Piaţa Gării de Nord, bul. N. Titulescu, Calea Griviţei etc.

Se menţionează că cele mai importante dificultăţi le-au creat cablurile telefonice care se găseau pe traseul reţelelor de termoficare şi nu se puteau modifica rapid şi economic.

Devieri de reţele care s-au efectuat în mod obişnuit au fost :

— reţele de apă pînă la Dn 300 mm ;

— reţele de gaze naturale, pînă la Dn 450 mm ;

— reţele de energie electrică, prin translaţie pe orizontală şi uneori pe verticală ;

— cabluri telefonice de racord (sub 100 perechi) ;

— racorduri de canalizare.

Se menţionează că neputînd executa devieri la reţelele importante din gospodăria subterană a fost nevoie ca la intersecţii reţeaua de termoficare să treacă de obicei sub acestea, mergînd la adîncimi medii de 2,5 m.

Se subliniază că toate întreprinderile care au gospodărie subterană au executat modificările în ritmul cerut de execuţia reţelei de termoficare. Printre acestea se menţionează IREB, ICAB (secţia canal), ITB şi Telefoanele.

c) Ritmul de realizare a părţii de construcţie a fost redus, datorită faptului că nu s-a putut realiza canalul din elemente prefabricate.

d) Neexistînd întreprinderi în țară care să fabrice în mod obișnuit compensatoare axiale, schimbătoare de căldură, vane cu Dn > 350 mm, s-au produs întîrzieri și s-au adoptat soluții provizorii de tranziție.

Menționăm că întreprinderea nr. 139 a SPC a reușit să confecționeze compensatoare de calitate bună.

e) Neproducîndu-se în prezent în țară aparate de manevră, control și automatizare pentru rețelele de termoficare, urmează ca acestea să fie montate în anul viitor. Aceasta conduce la o exploatare mai dificilă, atît din punct de vedere economic, cît și tehnic.

f) Neexistînd aprovizionate conducte trase sau sudate longitudinal pentru Dn ⩾ 400 mm, a fost nevoie să se vălțuiască din tolă sudată longitudinal materialul pentru confecționarea coturilor și compensatoarelor cu presetupă.

g) Sistemul de izolare a conductelor nu a permis adoptarea unui proces de montaj de mare eficiență.

h) Condițiile de fundare în taluzul Dîmboviței a căminelor nr. 2 și 3 au fost dificile și au condus la întîrzieri în realizarea constructivă a acestui tronson din rețea.

i) Neexistînd o întreprindere de specialitate în construcția rețelelor de termoficare, aceasta a condus la unele întîrzieri pentru adaptarea la specificul acestor lucrări a I.C.H.F.

1.5. *Elemente de măsură, control și automatizare*

Rețeaua de termoficare din zona Nord Grozăvești și Griviția Roșie, executată în anul 1960, a fost proiectată cu puncte principale de măsură, control și manevră care să se încadreze în schema elaborată pînă în anul 1965.

Astfel, s-a prevăzut ca rețeaua să poată fi secționată în cîteva puncte principale : bul. Dinicu Golescu, bul. A. I. Cuza, Calea Griviței (rețeaua N. Grozăvești) și în căminele de la ieșirea din CET Griviția Roșie și Piața 13 Decembrie.

Vanele de secționare s-au adoptat cu acționare electrică de la distanță în căminul C_2 Nord Grozăvești.

În celelalte cămine s-au adoptat vane cu acționare electrică locală numai pentru diametre mari și cu o frecvență mai mare de manevră. Toate celelalte vane s-au adoptat cu acționare manuală.

Ca aparate de măsură s-au prevăzut manometre, termometre și contoare.

În toate căminele de secționare s-a prevăzut o priză telefonică și una electrică, ambele capsulate. Legătura telefonică cu CET se face prin rețeaua urbană.

Pentru căminul C_2 Nord Grozăvești s-a prevăzut legarea prin circuit direct cu centrala telefonică a dispecerului termic din CET Grozăvești.

1.6. *Încercări și probe de punere în funcțiune*

În timpul execuției rețelelor cît și înainte de punerea în funcție a rețelelor s-au executat următoarele încercări și probe :

1.6.1. *Încercări.* S-a încercat etanșeitatea sudurilor executate pe șantier cît și a sudurilor de pe conductele sudate în spirală, prin supunerea la rece a unui tronson de conductă la o presiune de 30 kgf/cm² timp de 30 min și apoi la 16 kgf/cm² timp de 12 h.

Rezultatele încercărilor s-au considerat satisfăcătoare dacă presiunea la manometrul de control nu a scăzut și dacă la suduri nu a apărut umezeală.

Compensatoarele axiale fabricate de întreprinderea nr. 139 a Sfatului Popular al Capitalei au fost încercate la fabrică cu garnitura montată, la o presiune de 25 kgf/cm². Compensatoarele confecționate de întreprinderea nr. 139 a SPC au dat rezultate bune în exploatare.

1.6.2. *Probe de punere în funcțiune.* După montarea tuturor elementelor pe rețea s-au efectuat probele de punere în funcțiune.

Spălarea rețelei s-a efectuat cu apă industrială cu o temperatură de circa 40°C. Pentru asigurarea unei viteze minime de spălare de 2 m/s, s-au utilizat pompele de circulație de rețea montate în CET Grozăvești și CET Griviția. După terminarea operațiilor de spălare s-au demontat și curățat toate vanele și ventilele, cît și separatoarele de nămol.

După montarea vanelor și ventilelor s-a efectuat proba de etanșeitate la rece, cu ajutorul unei pompe cu piston, utilizată la operațiile de cimentare a sondelor.

Presiunea de probă a fost de 17 kgf/cm² timp de 5 min în care timp nu s-a înregistrat o scădere a presiunii la manometrul de control.

Proba de etanșeitate la cald s-a efectuat la presiunea nominală de funcționare a rețelei, după ce s-au efectuat cu compensatoarele cel puțin două curse.

Calitatea izolației s-a verificat pentru o temperatură de 110°C pe conducta de ducere. Pierderea de căldură determinată pe cale indirectă a confirmat rezultatele calculului teoretic. Se precizează că pierderea de temperatură a fost de circa 1 grad/km de rețea. Pentru a se trece la regimul de exploatare continuă, rețeaua a fost golită și umplută cu apă tratată cu o duritate de 0,1°d.

În viitor, apa epurată va fi și degazată, pentru a evita fenomene de coroziune interioară.

2. Schema de racord a consumatorilor de căldură

Pentru racordarea consumatorilor urbani la rețeaua de termoficare s-au aplicat — conform proiectelor elaborate de ISPE și IPB — două scheme principale :

a) sistemul indirect, în care pentru încălzire s-au prevăzut schimbătoare de căldură în

contracurent, iar pentru prepararea apei calde menajere schimbătoare de căldură în contracurent și boilere (în scopul reducerii vîrfului solicitat de la rețea);

b) sistemul direct, în care, pentru încălzire s-au prevăzut elevatoare, iar pentru prepararea

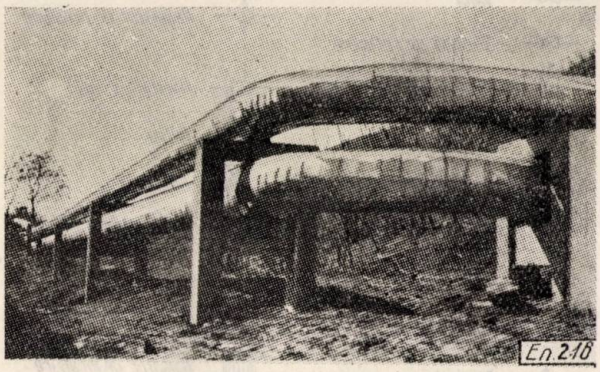


Fig. 10

apei calde menajere, aceleași aparate ca în sistemul indirect.

Toate schemele prevăd antomatizarea funcționării diverselor aparate.

În figurile 11 și 12 se redau schemele de racord la rețeaua de termoficare a blocurilor de locuințe de pe Calea Griviței și Piața Gării de Nord.

Întreprinderile industriale (UMAS, combinatul de produse lactate, fabrica Gh. Gheorghiu Dej, silozul de cartofi etc.) sînt alimentate cu căldură pentru încălzire și scopuri sanitare. Racordarea acestor consumatori se face fie fără schimbătoare de căldură, avînd aeroterme, baterii de încălzire, registre, care funcționează cu apă supraîncălzită, fie prin schimbătoare de căldură în contracurent (pentru încălzirea clădirilor

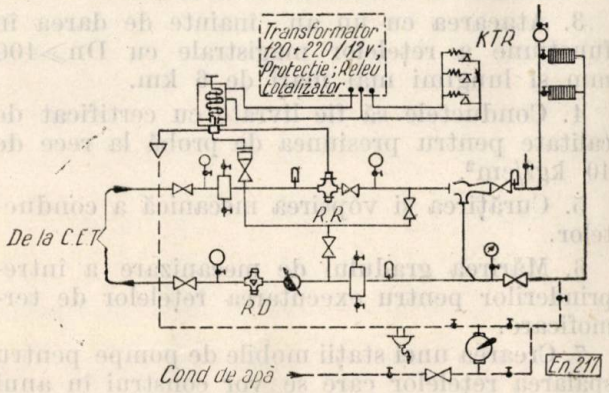


Fig. 11. Schema de racord cu elevator

cu apă caldă) și boilere (pentru consumul sanitar).

Ținînd seamă de faptul că instalațiile interioare de încălzire nu rezistă la presiuni mai mari de 40 m/col.apă, s-a recomandat sistemul direct de racord numai în zonele cu presiuni statice pînă la 40 m/col. apă și sistemul indirect la celelalte zone.

Elevatorul este un aparat static, în care se amestecă apă fierbinte de 150°C din conducta de ducere, cu presiune mare, cu apă din conducta de întoarcere de 70°C, astfel încît în instalația de încălzire a clădirii se trimite apă cu temperatura de 95°C și cu o presiune care nu depășește 4 kgf/cm.^{2} Pentru acoperirea căderii de presiune în instalația interioară se asigură un disponibil de presiune de 1—2 m col apă. Pe conducta de întoarcere este o presiune sub 4 kgf/cm^2.

În sistemul indirect, schimbătoarele de căldură realizează o separare între apa din rețeaua de termoficare și cea din instalațiile interioare, printr-o suprafață de schimb de căldură. În acest caz, diferența de temperatură a apei în instalațiile interioare este de 95—65°C, pentru a se putea păstra parametrii apei din rețea.

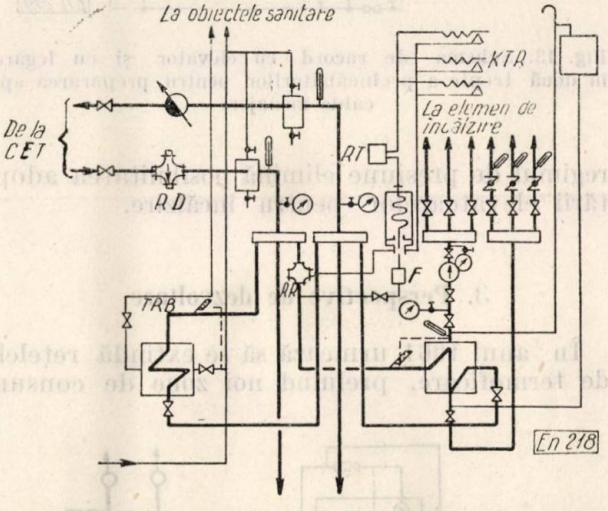


Fig. 12. Schemă de racord cu aparate de contracurent

Se menționează că CSCAS nu a acceptat sistemul direct (cu elevatoare) de racordare a consumatorilor decît cu caracter experimental în șapte puncte termice situate în rețeaua locală Grivița Roșie.

Apa caldă menajeră se prepară în aparate de contracurent și schimbătoare de căldură cu rezervă de apă (boilere).

Pentru racordurile care se vor realiza în viitor, se propune schema de racord cu elevator, cu legarea în două trepte a preîncălzitoarelor pentru prepararea apei calde menajere (fig. 12). Aceasta permite să se obțină pe conducta de întoarcere o temperatură mai mică decît 70°C. Adoptarea acestei scheme se va putea extinde prin asigurarea continuității în funcționarea pompelor de circulație în caz de avarie, prevăzînd instalația din centrală cu AAR (anclanșarea automată a rezervei).

În figura 13 se redă aceeași schemă, însă, în loc de elevator cuprinde aparate de contracurent; această schemă se adoptă acolo unde

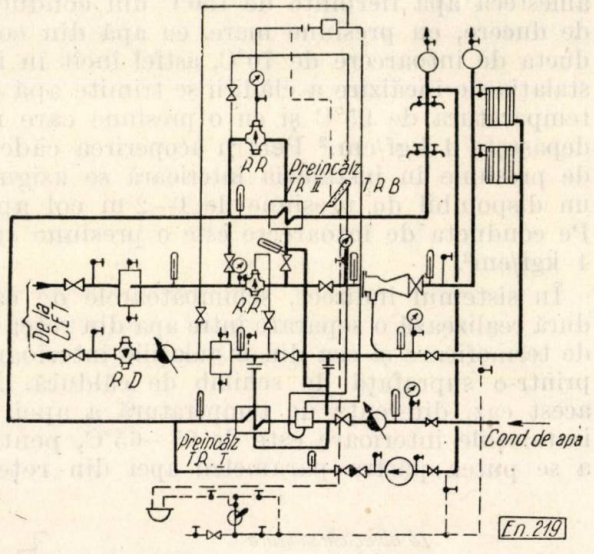


Fig. 13. Schema de racord cu elevator și cu legarea în două trepte a preîncălzitorilor pentru prepararea apei calde menajere

regimul de presiune elimină posibilitatea adoptării elevatoarelor pentru încălzire.

3. Perspective de dezvoltare

În anul 1961 urmează să se extindă rețelele de termoficare, preluînd noi zone de consum

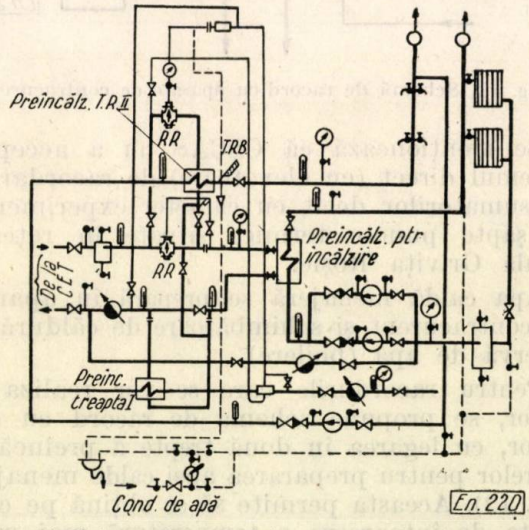
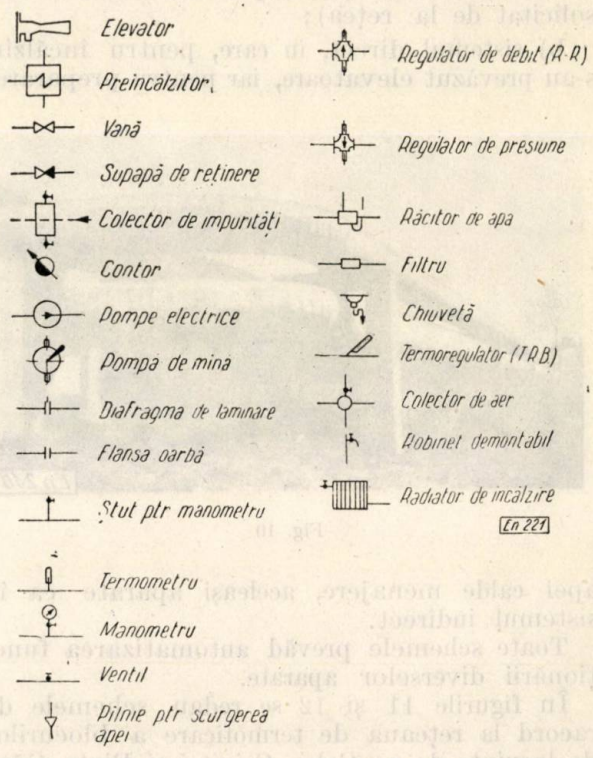


Fig. 14. Schema de racord la aparate de contracurent și cu legarea în 2 trepte a preîncălzitorilor pentru prepararea apei calde menajere

de căldură din zona de nord și vest a Capitalei. De asemenea, se va extinde CET Grivița Roșie.

Legendă



4. Constatări și propuneri

Pentru a reduce la minimum dificultățile care au apărut în anul 1960 în realizarea instalațiilor de termoficare se propun următoarele:

1. Efectuarea modificărilor necesare în gospodăria subterană, înainte de a ajunge cu așezarea rețelelor în aceste puncte.

2. Executarea în primul rînd a canalelor semivizitabile de traversare a străzilor.

3. Atacarea cu un an înainte de darea în funcțiune a rețelelor magistrale cu Dn$\geqslant$400 mm și lungimi mai mari de 6 km.

4. Conductele să fie livrate cu certificat de calitate pentru presiunea de probă la rece de 40 kgf/cm^2.

5. Curățirea și vopsirea mecanică a conductelor.

6. Mărirea gradului de mecanizare a întreprinderilor pentru executarea rețelelor de termoficare.

7. Crearea unei stații mobile de pompe pentru spălarea rețelelor care se vor construi în anul 1962.

8. Profilarea unei secții unice pe țară la o întreprindere, care să fabrice: elevatoare, schimbătoare de căldură, compensatoarele axiale, confecții de atelier.

9. Introducerea în planul de fabricație la întreprinderea Automatica a aparatelor de

automatizare și control din punctele termice și căminele de rețea.

10. Fabricarea în țară a vanelor de Dn 350 mm pentru $p_n = 25$ kgf/cm², cu acționare electrică locală.

11. În scopul ieftinirii rețelelor de termoficare se propune:

— fabricarea țevilor trase cu grosimi între 3 și 7 mm;

— fabricarea țevilor sudate în spirală dintr-un oțel marca OLT 32 în loc de oțel 52—3;

— realizarea unui tronson experimental de conducte izolate, montate în interiorul unui tub de beton armat centrifugat amplasat direct în pămînt;

— realizarea unui tronson experimental la o rețea cu Dn $\geqslant$ 400 mm cu conducta de întoarcere amplasată direct în pămînt, izolată cu brizol;

— realizarea unui tronson experimental la o rețea Dn $\geqslant$ 400 mm cu conductele amplasate direct în pămînt, izolate cu asfaltită naturală de Derna și vulcanit;

— realizarea la fabrica Progresul — București a unui sector pentru izolarea conductelor cu beton celular autoclavizat.

12. Pentru ieftinirea racordurilor este indicată utilizarea schemei cu elevator.

13. În scopul măririi capacității de transport a rețelei și pentru o mai bună utilizare a prizelor turbinelor de termoficare, este necesară adoptarea schemei cu două trepte pentru schimbătoarele de căldură care prepară apa caldă în scopuri menajere.

14. Pentru a putea satisface cererile de consum de căldură pînă la apariția grupurilor de termoficare se propune introducerea în fabricație și montarea de cazane de 50 și 100 Gcal/h. Se menționează că aceste cazane pot funcționa atît în regim de bază, cît și în regim de vîrf.

67781/62
LEFORDITVA

Traversarea Dunării în R. P. Romînă prin cabluri subfluviale

Studiul variantelor de traversare prin linie aeriană și prin cabluri. Proiectarea și executarea traversării prin cabluri subfluviale

Ing. *PAVEL VICOL*, ing. *PAUL MILITARU*, ing. *CONSTANTIN ȚENCU*, ing. *STELIAN LĂZĂRESCU*

În cursul anului 1960 s-a realizat legarea regiunii Dobrogea la sistemul energetic național, printr-o linie electrică de 110 kV cu dublu circuit.

Proiectarea și executarea acestei linii au necesitat rezolvarea unor probleme tehnice speciale legate de traversarea Dunării, cel mai important curs de apă de pe teritoriul R.P.R. Experiența dobîndită în acest caz poate servi ca material documentar inginerilor și tehnicienilor care se vor ocupa în viitor cu realizarea altor traversări similare.

Se menționează că încă din anul 1949 este în exploatare o traversare a Dunării printr-o linie electrică de 60 kV, în cablu subfluvial.

Traversarea Dunării la tensiunea de 110 kV a fost dimensionată pentru o putere de 150 MW, repartizată pe două circuite. Deoarece necesitățile energetice ale Dobrogei se dezvoltă treptat, în prima etapă este suficient un singur circuit, urmînd ca al doilea circuit să se monteze în viitor, după depășirea capacității de transport a circuitului instalat în prima etapă. În acest mod traversarea Dunării se realizează în două etape, obținîndu-se o eșalonare rațională a fondurilor de investiții.

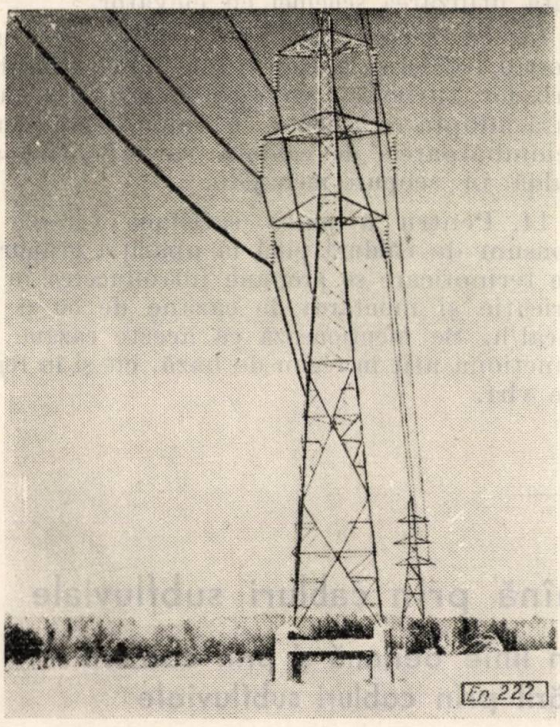
Zona traversării Dunării a fost determinată de orientarea generală a traseului liniei. Din considerente tehnice și economice a apărut rațional ca locul traversării să fie ales la vest de localitatea Hîrșova, unde Dunărea are un singur braț și o lățime minimă. La o distanță de cca 1—2 km în amonte și aval de locul ales pentru executarea traversării, albia fluviului se lățește și formează brațe cu zone inundabile între ele, greu accesibile.

În axul traversării, Dunărea are o lățime de cca. 730 m (variind cu nivelul apelor) și o adîncime maximă de cca. 20 m.

Malurile fluviului sînt joase și deci nu prezintă avantaje naturale pentru realizarea unei traversări aeriene. În timpul revărsărilor de primăvară, Dunărea inundă porțiuni mari de teren, nivelul apei ridicîndu-se cu 3—3,5 m deasupra solului. Simultan apele Dunării pot transporta sloiuri de ghiață provenite din dezghețuri sau din zăpoarele care se formează în timpul iernii.

Din punct de vedere morfologic, malurile sînt constituite din prafuri argiloase și nisipuri aluvionare, dispuse într-o stratificație haotică, cu caracteristici mecanice slabe, ce pun probleme speciale la proiectarea și executarea fundațiilor stîlpilor de traversare. Se menționează

că acești stîlpi cad într-o zonă neprotejată de diguri și deci în cazul inundațiilor pot fi expuși acțiunii apelor revărsate și a plutitorilor transportați de acestea. Pentru aceste motive toți stîlpii liniei din zona inundabilă a Dunării din exteriorul digurilor de protecție au fost



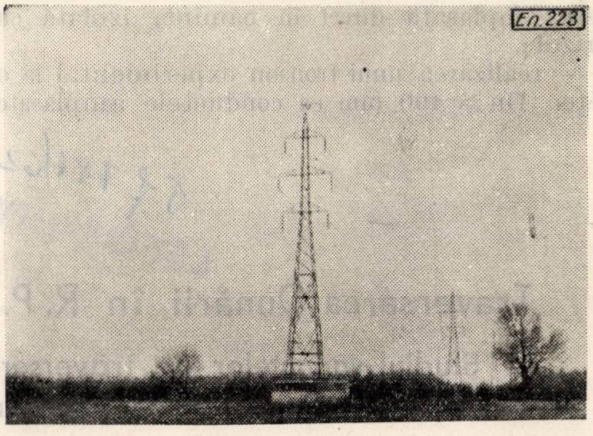


Fig. 1. Stîlpi de susținere de 110 kV din zona inundabilă a Dunării ce se va îndigui în viitor.

prevăzuți cu fundații speciale tip cheson, suprainălțate cu cca. 3 m.

În aceste condiții traversarea Dunării cu o linie electrică de 110 kV a fost analizată în două variante: aeriană și în cabluri subfluviale. Ambele variante prezintă avantaje și dezavantaje din punct de vedere tehnic și economic.

I. Studiul variantei de traversare aeriană

1. *Traversări mari executate în alte țări.* Soluția executării marilor traversări (ape mari, văi foarte adînci, fiorduri etc.) prin linie electrică aeriană este utilizată în toate cazurile în care natura și forma terenului oferă avantaje pentru realizarea economică a acestor traversări, evitîndu-se întrebuințarea cablului de înaltă tensiune, care este un material mai pretențios în exploatare și mai greu de procurat.

Pînă la cel de al doilea război mondial cea mai mare deschidere executată aerian a fost aceea de traversare a fluviului Tennessee cu o lungime de 1525 m. Cei mai înalți stîlpi de traversare plantați în același interval de timp au fost cei de la traversarea fluviului Tamisa, de 148,4 m.

Cele mai mari deschideri executate pînă în prezent sînt traversarea lacului Kootenay din Canada, executată în anul 1953, de 3 300 m, traversarea strîmtorii Messina de 3 646 m, executată în 1955, și traversarea fiordului Sogne, executată în 1955, cu cea mai mare deschidere din toate: 4890 m.

În tabela 1 sînt date caracteristicile principale ale traversărilor cele mai importante realizate pînă în prezent.

În U.R.S.S. s-au executat un mare număr de traversări aeriene cu deschideri peste 500 m, dintre care cele mai mari sînt cele peste rîul Volga executate una în 1951 cu 1388 m deschidere și alta în 1952 cu 1286 m deschidere.

În tabela 2 sînt date caracteristicile principale ale marilor traversări aeriene executate în U.R.S.S.

Din analiza acestui material se desprind două moduri de realizare a traversărilor aeriene:

a) Traversări executate între doi stîlpi terminali înalți, care preiau întregul efort din conductorii utilizați în deschiderea de traversare.

b) Traversări executate în trei deschideri adiacente: o deschidere între 2 stîlpi înalți de susținere, între care se face traversarea propriu-zisă și alte 2 deschideri adiacente traversării, mărginite de stîlpi terminali, în care se face întinderea propriu-zisă a conductorilor de traversare. În acest caz stîlpii terminali sînt de înălțime obișnuită și pot fi executați fără să pună probleme speciale.

Soluția de traversare prin 3 deschideri are o serie de avantaje în comparație cu soluția traversării printr-o deschidere și anume:

a) Micșorarea eforturilor și implicit a greutății stîlpilor de traversare și prin aceasta condiții mai ușoare de fundare;

b) Reducerea sensibilă a numărului de izolatori de pe stîlpii de traversare și deci simplificarea lucrărilor de verificare și înlocuire a elementelor greu accesibile;

Tabela 1

Datele caracteristice ale traversărilor de mari rîuri

Nr. crt.	Fluviul traversat	Anul execuției	Deschiderea		Tensiunea nominală kV	Materialul conductoarelor	Numărul și secțiunea conductoarelor mm²	Conductoare de protecție	Săgeată maximă m	Înălțimea liberă m	Felul stîlpilor	Înălțimea stîlpilor principali m	Înălțimea stîlpilor laterali m	Greutatea unui stîlp principal t
			Principală m	Laterală m										
1	Columbia	(1940)	1 300	375	230	OL—AL	6 400/198	OL 2×215	71,9	67	2S+2I	152,5	30,5	
2	PO	1932	1 050	525	70	Bz (σ=72kg/mm²)	3 176	nu are	94,7	23	2S+2I	119	27	100
3	Tamisa	1932	930	470	132	Bz—Cu (σ=90kg/mm²)	6 176	nu are	51,8	75	2S+2I	148,4	31,7	147,4
4	St. Lawrence	(1931)	890	275 180	130	OL—AL	6	2		26	2S+2I	98,5	27,5	
5	Dunărea (în Iugoslavia)	(1935)	643	363 341	30	OL	6 70	1×70	28,3	18,8	2S+2I	61,5/57,8	18,5	
6	Dunărea (în Ungaria)	(1935)	574		60	OL	3 95	nu are	27,6	21	2I	42,3/15		24/5,2
7	Sesia	1932	590	165	50	OL—AL	6 61/54	nu are	30,5	6	2S+2I	45	14	
8	Sena	1935	543			Bz (σ=90kg/mm²)	4 155	1	34,3	75	2I	113/95		141/113
9	East Elisabeth River	(1938)	581	398	132	Cu—Cu sudat			32	45,7	2I	77/78,6		
10	Forth		930			OL—AL	300			48,1		103		
11	Tennessee		1 525			OL—AL	500			52,9				
12	St. Lawrence		1 493			OL—AL cu susp. catenară				52,4		106,7		
13	Sacramento		1 260			Cu—Cu sudat	350			39,6		140		
14	Mississipi		1 142			OL—AL	240			45,7		129,5		
15	Mississipi		1 151			OL—AL	300			45,7		127		
16	Mississipi		1 305			OL—AL	400			22,6		86,3		
17	Georges de Carquinez		1 450			OL—AL	280			62,7		59,4		
18	Georges de Carquinez		1 350			OL	300			62,7		68,5		
19	Missouri		970			OL—Cu	260			21,3		67		
20	Fiordul Sogne	1955	4 890		150	OL (σ=197 kg/mm²)	3 300		562	68	2I	9,0		
21	Strîmtoarea Mesina	1955	3646	630 651	225	OL—AL special	4 OL 305 AL 45	2	214,3	70	2S+2I	223,7		550

NOTĂ: — Cifrele din paranteză indică anul publicării datelor — S-au notat: S = stîlp de susținere; Î = stîlp de întindere

Tabela 2

Caracteristicile principale ale marilor traversări aeriene de 35 kV — 220 kV executate în U.R.S.S.

Anul construcției	Sistemul energetic	Obiectul traversat	Tensiunea liniei kV	Nr. de circuite	Schema de traversare	Lungimea deschiderii m	Înălțimea stîlpilor m	Tipul conductorului mm²	Coeficient de siguranță al conductorului	Tipul conductorului de protecție mm²	Observații
1927	Lenenergo	Rîul Neva	35	1	I—S—S—I	275—790—262	10—80—80—10	Bz 219	3,5	OL 70	Traversarea a fost refăcută în 1944
1930	Armenenergo		22	1	I—IC—IC—I	70—789— 70	9—9—9—9	Cu 150	3	nu are	
1930	Gosenergo	Rîul Oka	35 și 110	1	I—S—S—I	225—920—970	10—69—128—20	Bz 120	3	nu are	2 traversări
1932	Dneproenergo	—„— Nipru	154	1	I—S—S—I	218—799—301	16—75—75—16	OL Bz 400 (Φ27,7)	3	OL 167 (∅ 17)	Refăcut între 1945—1950
1932	Gosenergo	—„— Volga	110	1	I—S—S—I	388—975—402	72—72	OL 240	3		
1934	Kuzbassenergo	—„— Tomi	110	1	I—I—I—I	130—656—130	10,5—30—30—10,5	OL 120	> 3	OL 50	
1935	Gosenergo	—„— Oka	110	1	I—S—I	194—1010	20—46—20	OL 260	3	OL 260	Cond. de prot. izolat (1 fază de rezervă)
1936	Mosenergo	—„—Oka	220	1	I—S—I	877—824	33—70—33	OL Bz 308/217	3	OL 217	2 traversări
1938	Mosenergo	—„—Oka	110	1	I—I	900	28—28	OL 260	3	OL 260	Cond. de prot. izolat (1 fază de rezervă)
1941	Mosenergo	—„—Volga	220	1	I—S—S—I	250—795—250	27—73—73—27	OL Bz 253/196	3	OL 196	
1943	Mosenergo	—„—Volga	220	1	I—S—S—I	250—789—250	22—73—73—22	OL AL S 400	2	OL 100	
1944	Kuzbassenergo	—„— Tomi	110	1	I—I—I—I	192—940—210	22—77—77—22	Bz 120	> 3	OL 50	
1950	Kievenergo	—„— Nipru	35	1	I—S—S—S—I	300—666—735—208	8—44—44—44—8	OL Bz 154/232	2,2	nu are	
1950	Mosenergo	—„— Oka	220	1	I—S—S—I	836	28—37—37—28	OL AL S 400	2	OL 70	
1950	Gruzenergo	—„— Kadori	110	1	I—I	840	32—32	OL 70	3	nu are	
1951	Iarenergo	—„— Volga	110	2	I—I—I—I	279—967—395	25—70—70—25	OL Bz 185/43	2	OL 70	
1951	Kuibîșevenergo	—„— Volga	110	1	I—I	1 388	48—43	OL 376	3	OL 376	Cond. de prot. izolat (1 fază de rezervă)
1952	Mosenergo		110	2	I—I—I—I	251—760—220	25—70—70—25	OL Bz 185/72	3	OL 70	
1952	Gruzenergo	Rîul Aragva	110	1	I—I	840	32—32	OL 70	3	nu are	
1952	Șantier CHE Stalingrad	—„— Volga	110	1	I—S—S—I	314—1286—421	27—90—90—27	OL Bz 253/196	2	OL 185	2 traversări
1953	Mosenergo	—„— Oka	220	1	I—S—S—I	404—680—475	22—42—42—22	OL AL S 400	2	OL 70	
1953	Combinatul Magnitogorsc		110	1	I—S—S—I	238—1123—192	15—55—55—15	OL 120	2,5	OL 120	Cond. de prot. izolat (1 fază de rezervă)
1954	Bașkinergo	Rîul Belaia	110	1	I—S—S—I	302—612—280	21—47—47—21	OL Bz 185	2	OL 70	
1954	Șantier CHE	—„— Volga	110	2	I—I—I—I	294—795—200	25—70—70—25	OL Bz 185	2	OL 70	
1954	Mosenergo	—„— Oka	220	1	I—S—S—I	490—855—216	22—42—42—22	OL AL S 400	2	OL 70	
1954	Latvenergo	—„— Daugava	110	1	I—S—S—I	150—650—152	27—90—90—27	OL Bz 255/142	3	OL 70	
1954	Dneproenergo	—„— Samara	154	1	I—I—I—I	217—705—293	30—64—64—30	OL Bz 185	2	OL 100	
1955	Dneproenergo	—„— Nipru	154	1	I—I—I—I	478—705—420	24—87—87—24	OL AL S 400	2	OL 100	
1955	Mosenergo		220	1	I—S—S—I	433—700—170	27—60—60—27	OL Bz 253/196	3	OL 100	
1956	Omskenergo	Rîul Irtiș	110	2	I—I—I—I	390—900—390	25—86—86—25	OL Bz 185	2	OL 70	
1956	Gorenergo	—„— Volga	110	2	I—I—I—I—I	232—715—910—940	25—44—83—83—31	OL Bz 185	2	OL 70	

Notă: S-au notat cu: Î — stîlpi de întindere; ÎC — stîlpi de întindere în colț; S — stîlpi de susținere

c) Simplificarea montajului stîlpilor de traversare.

Pînă în prezent nu s-au executat mari traversări cu stîlpi ancorați. La înălțimile de stîlpi care intră în considerație pentru aceste traversări, 100—150 m, ancorarea unor stîlpi de 80—120 tone dă mari dificultăți datorită tracțiunilor variabile care iau naștere ca urmare a variațiilor de temperatură ale mediului ambiant, ce pot duce la înclinarea stîlpilor respectivi sub acțiunea greutății proprii și a vîntului care acționează pe elementele traversării: stîlpi și conductori. Oscilațiile posibile ale stîlpilor de traversare sînt foarte dăunătoare conductorilor.

La traversările mari se folosesc conductori de tip special, cu caracteristici mecanice superioare, diferiți ca secțiune și material de conductorii folosiți în restul liniei, pentru obținerea unor condiții mecanice mai favorabile pentru stîlpii de traversare.

Astfel la traversările executate s-au folosit conductori de oțel-aluminiu special (la deschideri mici sau în regiuni cu depuneri slabe de chiciură), cupru, bronz, cupru cu inimă de oțel, bronz cu inimă de oțel, oțel de diferite combinații și secțiuni, conductorii de oțel fiind protejați special împotriva corodării.

Suspensia conductorilor la stîlpii de susținere, în cazul traversării în 3 deschideri, se face liber pe dispozitive cu role în diametru de 200—300 mm prinse în lanțuri multiple de izolatori. La stîlpii terminali fixarea conductorilor se face prin lanțuri multiple de întindere.

Protecția împotriva supratensiunilor atmosferice se asigură prin montarea în vîrful stîlpilor a unuia sau mai multor conductori de protecție din oțel galvanizat cu secțiune mare.

Pentru limitarea efectelor dăunătoare date de vibrațiile conductorilor sînt folosite dispozitive de amortizarea vibrațiilor (antivibratoare) montate pe conductori în apropierea punctelor de suspensie la stîlpii de traversare.

Stîlpii de traversare la traversările realizate în alte țări variază în funcție de deschiderea de traversare, de conductorii întrebuințați, de condițiile meteorologice și de gabaritul la săgeata maximă considerat, atît ca înălțime (60—220 m) cît și ca greutate (25—550 tone).

2. *Elementele constitutive ale traversării aeriene studiate.* Datorită avantajelor menționate mai sus, la traversarea Dunării s-a luat în considerare soluția cu 3 deschideri realizate între 4 stîlpi speciali, dintre care 2 stîlpi înalți de susținere și 2 stîlpi terminali de înălțime mai mică. Această soluție apare avantajoasă și din punct de vedere al fundațiilor: terenul avînd caracteristici slabe și fiind inundabil, realizarea unor stîlpi terminali înalți a fost neeconomică.

Calculul traversării Dunării s-a făcut separat pentru 4 tipuri de conductori speciali, determinîndu-se pentru fiecare caz în parte înălțimea stîlpilor de traversare și eforturile la care sînt solicitați.

Conductorii care s-au luat în considerare sînt următorii: cupru-oțel 656,7 mm² (219 mm² cupru și 437,7 mm² oțel), cupru-oțel 431,5 mm² (170 mm² cupru și 261,5 mm² oțel), bronz 437,7 mm², bronz 261,5 mm².

Stîlpii de traversare s-au considerat echipați cu 7 respectiv 8 conductori identici, din care 6 activi și 1 sau 2 de protecție, în funcție de tipul stîlpului adoptat. Stîlpii de susținere ai traversării au fost amplasați la o distanță de cca. 65 m de malurile fluviului, în locuri protejate parțial de către plantațiile existente de sălcii, astfel că deschiderea propriu-zisă de traversare a rezultat de 865 m (fig. 2).

Dunărea fiind un fluviu cu intensă navigație internațională care în general nu înghiață în timpul iernii, a fost necesar să se considere întinderea conductorilor cu tracțiune redusă, (coeficient de siguranță 2,5). De asemenea s-a luat în considerare o distanță minimă de la conductorii aflați la săgeata maximă pînă la baza stîlpilor de cca. 25—30 m, respectîndu-se gabaritul impus de navigația fluvială. Cu aceste premize inițiale s-a trecut la determinarea săgeții conductorilor, înălțimii stîlpilor de traversare și eforturilor la care aceștia sînt solicitați în cele două ipoteze: vînt simultan cu chiciură și vînt nesimultan cu chiciură.

Condițiile meteorologice adoptate în calcule au fost determinate prin suprapunerea celor mai defavorabile sarcini datorită vîntului, chiciurei și temperaturii care s-au înregistrat odată la cel puțin 10 ani în zona respectivă.

În zona albiei minore a Dunării depunerile de chiciură sînt favorizate de umiditatea mare și de către curenții locali și în decursul exploatării liniilor telefonice învecinate s-au constatat depuneri mari de chiciură în timpul iernii, care au condus la frecvente ruperi de conductori.

Pentru motivele expuse mai sus s-a luat pentru dimensionarea traversării o viteză a vîntului la sol de 30 m/sec nesimultană cu chiciură și de 15 m/sec simultană cu chiciură. Depunerea de chiciură pe conductorii liniei s-a considerat de 3 cm grosime și de 0,9 kg/dm³ greutate specifică. S-a luat în considerare o creștere a vitezei vîntului cu înălțimea (pentru înălțimi peste 30 m) după formula $V_h = \frac{V_0}{2}\sqrt[4]{h}$, rezultînd la înălțimea conductorilor o viteză a vîntului de 47,5 m/sec în ipoteza fără chiciură și de 25 m/sec în ipoteza cu chiciură.

Pentru determinarea presiunii vîntului pe stîlp, s-a împărțit înălțimea stîlpului în zone, prima de 30 m și următoarele de cîte 20 m fiecare. Viteza vîntului pentru prima zonă s-a luat egală cu viteza vîntului la sol, iar pentru celelalte s-a calculat cu formula dată mai sus,

Tabe

Traversarea Du

— Caracteristicile stîlpi

Nr. curent	Conductorii traversării: Material	Secțiune (mm²)	Diametru (mm)	Greutate (kg/m)	Încărcări specifice date de sarcinile exterioare (kg/m): Chiciură pe conductori (b = 3 cm)	Vînt pe conductori încărcați cu chiciură	Vînt pe conductori fără chiciură	Tracțiune maximă la coefic. de siguranță 2,5 (kg/mm²): Tracțiune totală	Tracțiune orizontală	Săgeata maximă a conductorului (m)	Sarcini totale de vînt pe conduct. și izolatori (kg): Cu chiciură	Fără chiciură	Deschiderea între faze (m): Orizontală	Verticală
1	Cupru-oțel	656,6 (Cu 219) (Ol 437,6)	33	5,52	5,35	3,71	4,76	20,1	18,55	89,2	2.280	2.920	7,41	6,46
2	Cupru-oțel	431,5 (Cu 431,5) (Ol 261,4)	27	3,63	4,85	3,47	3,89	19,8	17,35	117,2	2.130	2.400	8,36	7,28
3	Bronz	437,6	27	4,0	4,85	3,47	3,89	28,0	26,3	78,1	2.130	2.400	6,99	6,1
4	Bronz	261,2	27	2,38	4,33	3,24	3,03	28,0	25,0	107,8	2.000	1.880	8,05	7,0

în care s-a introdus pentru h o valoare egală cu distanța de la pămînt pînă la 2/3 din înălțimea zonei respective.

S-a introdus în calcule un coeficient dinamic de 1,5.

tecție apare mai rațional. El are o înălțime de cca 120 m și o greutate evaluată de cca. 100 tone.

Fundațiile stîlpilor de traversare s-au considerat de tip special pe piloți.

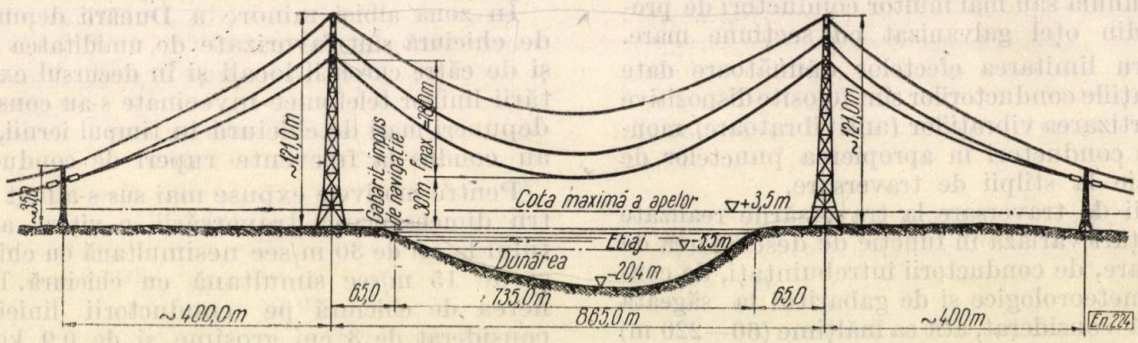


Fig. 2. Schema traversării aeriene a Dunării

Pentru compararea tehnico-economică s-au dimensionat pentru fiecare tip de conductor 4 tipuri de stîlpi: tip portal, tip portal cu conductorii activi dispuși pe două nivele, tip brad răsturnat și tip brad normal, calculîndu-se pentru fiecare tip de stîlp în parte coronamentul și înălțimea. Rezultatele sînt trecute în tabela 3.

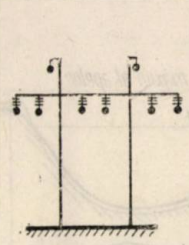
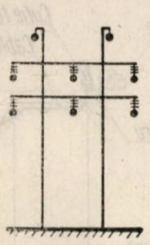
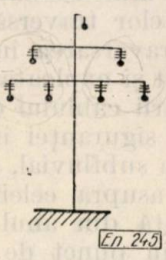
Stîlpul de traversare cu coronamentul tip brad normal, cu un singur conductor de pro-

II. Studiul variantei în cabluri subfluviale

Soluția executării marilor traversări cu cabluri electrice de mare tensiune a început să fie adoptată pe scară largă în ultimii ani, odată cu perfecționarea construirii cablurilor electrice de înaltă și foarte înaltă tensiune.

Practica dobîndită în executarea și exploatarea traversărilor subfluviale arată că acestea sînt instalații cu o siguranță mare în funcțio-

la 3
nării aerian
lor de traversare —

Efortul maxim în conductori (kg)	Portal simplu			Portal dublu			Brad întors			Brad normal		
												
	Înălțimea la clemă (m)	Înălțimea totală (m)	Moment încovoietor (tm)	Înălțimea la clemă (m)	Înălțimea totală (m)	Moment încovoietor (tm)	Înălțimea la clemă (m)	Înălțimea totală (m)	Moment încovoietor (tm)	Înălțimea la clemă (m)	Înălțimea totală (m)	Moment încovoietor (tm)
13 400	119,0	126,0	6 000	119,0	132,5	6 450	119,0	139,0	6 900	119,0	132,5	6 100
8 800	147,0	154,5	7 650	147,0	162,0	8 200	147,0	169,5	8 800	147,0	162,0	7 800
12 280	108,0	114,5	4 750	108,0	121,0	5 150	108,0	127,5	5 500	108,0	121,0	4 800
7 300	138,0	145,0	6 300	138,0	152,0	6 600	138,0	159,0	7 300	138,0	152,0	6 500

nare şi că pot fi utilizate cu succes în toate cazurile în care această soluţie este mai economică.

Traversarea Dunării necesită 7 cabluri monofazate de 110 kV cu circulaţie naturală de ulei în lungime de cca. 950 m fiecare, din care 6 cabluri pentru cele două circuite ale liniei şi un cablu de rezervă. În prima etapă se montează numai cablurile aferente unui circuit şi cablul de rezervă, în total 4 cabluri. Din lungimea totală de 865 m a traversării, pozarea subfluvială propriu-zisă reprezintă cca. 730 m, restul constituind o pozare obişnuită în pămînt, pe ambele maluri ale Dunării.

Dimensionarea cablurilor se face pe baza puterii de transportat şi a caracteristicilor solului de la capetele traversării. În cazul traversării Dunării s-au luat în considerare cabluri cu secţiune de 240 mm² cupru.

S-a prevăzut pozarea directă pe fundul apei iar pe maluri îngoparea lor în pămînt la o distanţă între ele de cca. 2 m. Pe maluri s-au prevăzut rezerve de cabluri pentru a face faţă unei eventuale adînciri a albiei Dunării sau a permite o refacere a cutiei terminale sau executarea unor manşoane de joncţiune în caz de defectare a cablurilor. Pe malurile Dunării, unde există pericolul ca malul să fie spălat de ape şi cablul dezgropat, s-a prevăzut suplimentar o protecţie mecanică împotriva plutitorilor aduşi de ape, prin înşirarea pe cablu a unor cochilii din material amagnetic (bronz).

Locul traversării se balizează prin semnale luminoase, vizibile ziua şi noaptea, situate pe ambele maluri ale Dunării, de o parte şi de alta a traversării, pentru delimitarea unei zone în care ancorarea vapoarelor este interzisă.

Montarea instalaţiilor cutiilor terminale ale cablurilor (cutii terminale, rezervoare de dilatare, descărcătoare catodice) se amenajează pe o platformă deasupra fundaţiilor stîlpilor terminali ai liniei, la o înălţime mai mare decît nivelul maxim al apelor Dunării.

Capetele cablurilor se protejează împotriva loviturilor directe de trăsnet şi a supratensiunilor venite dinspre linie.

Presiunea uleiului din rezervoarele unuia din capetele traversării se semnalizează la distanţă, la un centru de supraveghere al liniei înfiinţat în această zonă.

III. Compararea tehnico-economică a celor două variante

Analiza făcută asupra celor două variante de traversare permite desprinderea următoarelor concluzii :

a) Dunărea nu prezintă avantaje pentru executarea unei traversări aeriene din cauza malurilor joase şi inundabile şi a solului slab.

b) Stîlpii de traversare fiind voluminoşi şi grei dau dificultăţi atît la montare cît şi în timpul exploatării,

c) Nu se dispune de măsurători sistematice ale vitezelor vîntului şi ale depunerilor de chiciură la înălţimi de 100—120 m deasupra solului, la locul de traversare, pentru a se putea face o dimensionare corectă şi economică a elementelor traversării aeriene.

d) Traversarea în cabluri este mai uşor de executat şi exploatat, prezentînd dezavantajul procurării cablului din import. Asupra exploatării şi siguranţei în funcţionare a traversării în cablu subfluvial, există experienţă suficientă făcută asupra celeilalte traversări a Dunării, executată din anul 1949.

e) Din punct de vedere al investiţiilor necesare evaluările făcute arată că soluţia aeriană este mult mai scumpă decît cea în cablu (cu cca. 80 %), ultima prezentînd în plus şi avantajul eşalonării investiţiilor în două etape.

În concluzie, soluţia propusă şi executată a fost cea în cablu subfluvial.

IV. Elementele constructive ale traversării Dunării prin cabluri subfluviale realizată în R.P.R.

1. *Caracteristicile cablului subfluvial.* S-a mers pe ideia realizării unei traversări cu cabluri monopolare de 110 kV fabricate dintr-o singură bucată, evitîndu-se de la început existenţa unor cutii de joncţiune. O cutie de joncţiune aşezată în apă, chiar în cazul cînd este realizată şi pozată în cele mai bune condiţiuni, reprezintă totuşi un punct de mai puţină siguranţă şi de aceea aceste inconveniente au fost înlăturate prin folosirea cablurilor dintr-o singură bucată pe fază.

Cablul folosit furnizat de firma Pirelli-Italia este de tipul cablurilor cu izolaţie de hîrtie şi

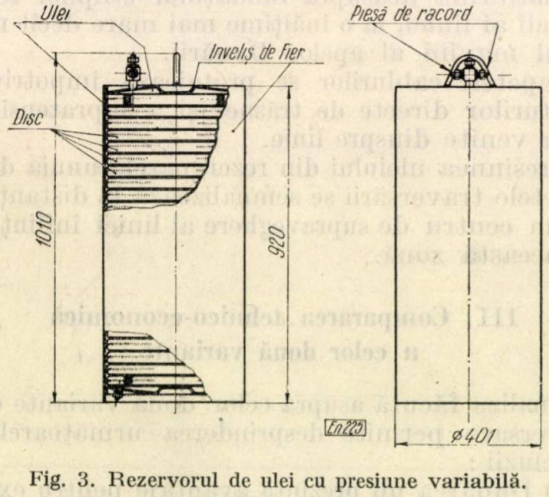


Fig. 3. Rezervorul de ulei cu presiune variabilă.

circulaţie de ulei fluid. Cablul monopolar cu circulaţie de ulei are în interiorul conductorului, care în acest caz este alcătuit din fire de cupru înfuniate în formă de cilindru, un canal central prin care poate circula uleiul de izolaţie. Circulaţia uleiului prin canalul cablului este provocată de variaţia temperaturii acestuia, fiind posibilă datorită unor rezervoare spe-

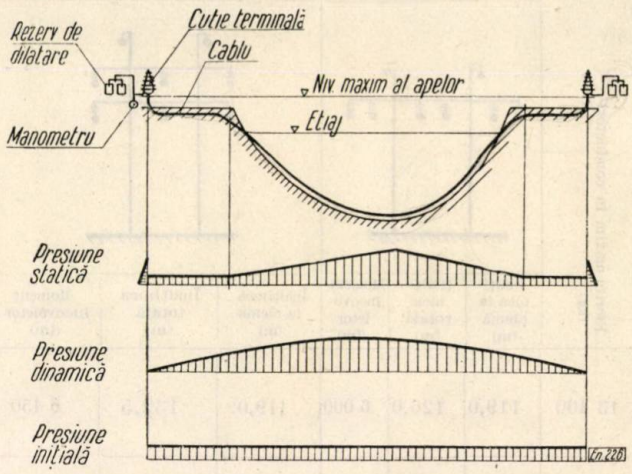


Fig. 4. Diagrama variaţiei presiunilor din cablul subfluvial de traversare a Dunării.

ciale de dilatare plasate la capetele cablului: în timpul răcirii uleiului rezervoarele de dilatare restituie automat cablului uleiul primit în timpul încălzirii.

Rezervoarele de dilatare sînt vase cilindrice umplute cu ulei care conţin un număr de 20 pînă la 60 capsule de metal pline cu aer în interior. Cînd uleiul pătrunde din cablu în vasul de dilatare, capsulele sînt comprimate, presiunea din vas ridicîndu-se corespunzător cantităţii de ulei preluate. Această supra-presiune care se reglează de la sine este suficientă pentru ca în cazul răcirii, uleiul să fie recomprimat complet în cablu.

În fig. 3 este dată o schiţă a rezervorului de ulei cu presiune variabilă.

În cablul cu circulaţie de ulei apar în timpul funcţionării 3 feluri de presiuni, care depind în mare măsură de condiţiile în care cablul este pus să funcţioneze şi anume:

a) Presiunea iniţială de umplere a canalului din interiorul cablului (cca. 0,8 ata);

b) Presiunea statică, care apare între 2 puncte ale traseului între care există o denivelare. Această presiune poate fi exact calculată, socotindu-se 1 ata pentru fiecare 11 m diferenţă de nivel a traseului.

c) Presiunea dinamică care apare la o variaţie bruscă a sarcinii electrice a cablului. În cazul unei conectări a sarcinii presiunea interioară se ridică pentru scurt timp, pînă cînd coloana de ulei se pune în mişcare în cablu, iar la deconectarea unei sarcini însemnate apare în interiorul cablului o subpresiune. Aceste presiuni dinamice durează scurt timp, de ordinul cîtorva minute, şi au caracterul unor vîrfuri de sarcină.

În afară de presiunile menționate mai sus, în timpul funcționării mai pot apare unele suprapresiuni ușoare provocate de dilatarea uleiului în timpul variațiilor de temperatură ale cablului.

Aceste presiuni sînt luate în considerare la dimensionarea mantalei de plumb a cablului, care se întărește corespunzător prin fretaje executate din materiale amagnetice.

Cablul subfluvial cu circulație de ulei are straturile de protecție împotriva umidității, a loviturilor mecanice și a agenților chimici mai întărite, datorită condițiilor speciale în care funcționează. Astfel stratul de protecție mecanică, executat din fire de oțel galvanizat, se face intenționat mai greu pentru ca să asigure înfundarea cablului în nisipul de pe fundul apelor, ceea ce este absolut necesar pentru asigurarea imobilității și în consecință a siguranței de funcționare a cablului însuși.

Secțiunea cablurilor este de 240 mm² cupru și a fost dimensionată pe baza condițiilor termice a porțiunilor pozate direct în pămînt. S-a luat în considerare o rezistivitate termică a solului de ordinul a 100 $\frac{°C\ cm}{W}$, ceea ce corespunde unui sol alcătuit din nisip argilos cu o umiditate de 10 ÷ 15%.

Secțiunea de 240 mm² cupru este supradimensionată din punct de vedere termic pentru porțiunea pozată în apă. Totuși adoptarea unei soluții cu secțiuni diferite de cablu pentru porțiunile pozate în apă și cele direct în pămînt nu a fost luată în considerare din cauza inconvenientelor tehnice date de cutiile de joncțiune, cîte 2 pe fiecare cablu, cu toate că aceasta ar fi permis adoptarea pentru porțiunile subfluviale a unui cablu de secțiune mai mică (180—200 mm² cupru).

Din cauză că armătura de fier a cablurilor de tip subfluvial este supradimensionată constructiv, aceste cabluri prezintă pierderi adiționale de energie electrică relativ mari. Pentru reducerea la maximum a încălzirilor mutuale provocate de cablurile celorlalte faze ale circuitului, trebuie avut grijă ca pozarea cablurilor în pămînt să se facă distanțat, la o depărtare minimă de 1 m unul de altul.

Pe porțiunea pozată pe fundul apei această condiție nu se mai pune, din cauză că apa fiind în mișcare disipează mult mai ușor căldura provocată de pierderile de putere care au loc în cablu. În plus din condiții de siguranță cablurile se pozează în apă la distanțe mult mai mari între ele, de cca. 10—15 m.

Caracteristicile cablului folosit sînt date mai jos :

Date constructive

— Diametrul canalului de ulei		12 mm
— Conductor	secțiune nominală	240 mm²
	diametru exterior	24 mm
— Grosimea izolației (inclusiv bandă de „carbon black" în interior și hîrtie metalizată în exterior)		10,3 mm
— Mantaua de plumb	grosime	2,5 mm
	diametru exterior	49,7 mm
— Festaj cu bandă de cupru înfășurată între benzi cauciucate		
— Protecție împotriva coroziunii printr-un strat continuu din material sintetic		
— Armătura din fire de oțel galvanizat		
— diametrul firelor galvanizate		5 mm
— diametrul peste armătură		72 mm
— Diametrul exterior al cablului (peste împletitura de iută impregnată)		78,5 mm
— Greutatea totală a cablului		17 kg/m
— Dimensiunile unui tambur		∅ 310×180 cm
— Greutatea brută aproximativă a unui tambur încărcat cu cablu și rezervorul său de ulei		20 t

Caracteristici electrice

— Tensiunea de serviciu între faze (neutrul legat direct la pămînt)	110±10% kV
— Curent de serviciu	350 A
— Frecvența sistemului	50 Hz
— Rezistența aparentă la 50Hz la temperatura de serviciu (ținînd seama de pierderile din plumb și armătură)	0,27 ohm/km
— Reactanța aparentă la 50 Hz	0,14 ohm/km
— Capacitatea între conductor și plumb	0,32 μ F/km
— Conductanța la 50 Hz	0,4 μ S/km
— Curentul de sarcină cînd cablul este alimentat cu tensiunea nominală la 50 Hz	6,5 A/km
— Pierderi totale, la tensiunea, frecvența și sarcină nominală	100 kW/km

Lungimea fiecărei faze s-a determinat exact pornindu-se de la profilul terenului și al fundului Dunării și de la rezervele de cablu lăsate pe ambele maluri, circa 25 pînă la 30 m de fiecare parte a Dunării.

Pentru fiecare din cele 4 cabluri au fost livrate și următoarele accesorii :

— 2 cutii terminale de exterior seria 132 kV ;
— 4 rezervoare de dilatație cu presiune variabilă, tip A 80 ;
— 1 manometru cu citire directă și contacte electrice de presiune (maxim și minim) pentru semnalizare la distanță.

Cutiile terminale au fost prevăzute de seria 132 kV, cu o clasă mai ridicată față de tensiunea nominală a liniei, din cauza condițiilor locale din zona traversării : ploi și ceață destul de dese.

Pentru siguranță s-a preferat să se meargă pe o soluție simetrică : 2 rezervoare de dilatație la fiecare cutie terminală, care prezintă avantajul că oferă o rezervă de ulei, gata montată, la fiecare cablu.

În cazul unui defect pe cablu în porțiunea subfluvială acesta se scoate din funcțiune și se înlocuiește cu cablul de rezervă.

Pentru remedierea defectelor din partea terestră a cablului (lovituri mecanice sau spargerea izolatorului unei cutii terminale) s-au procurat materialele de rezervă necesare.

2. *Instalația cutiilor terminale ale cablurilor.* Stîlpii terminali ai liniei de 110 kV sînt amplasați în zona inundabilă a Dunării pe fundații suprainălțate tip cheson, prevăzute cu spargheț

înspre amonte, pentru devierea sloiurilor de ghiață aduse de ape în timpul inundațiilor.

Cutiile terminale ale cablurilor și instalațiile

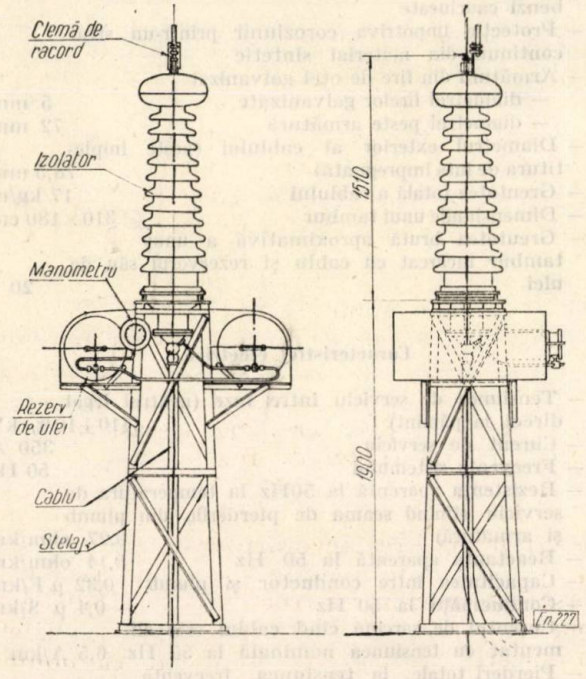


Fig. 5. Montarea cutiilor terminale la un cablu monofazat cu circulație de ulei de 110 kV.

anexe sînt așezate pe o platformă de beton amenajată deasupra fundațiilor celor 2 stîlpi de traversare, la 3,8 m de la sol, deasupra nivelului apelor catastrofale.

Stîlpii terminali de pe cele două maluri sînt prevăzuți cu console speciale care permit coborîrea conductorilor liniei la cutiile terminale ale cablurilor.

Cutiile terminale aferente unui circuit sînt dispuse pe o parte a stîlpului iar cele ale cablului de rezervă sînt așezate în axul stîlpilor de traversare.

Instalația cutiilor terminale este arătată în fig. 5.

Cutiile terminale ale cablurilor sînt așezate pe partea dinspre Dunăre pe stelaje metalice de 1,9 m înălțime, împreună cu rezervoarele de ulei aferente.

În spatele cutiilor terminale sînt plasate descărcătoarele catodice.

Instalația cutiilor terminale ale unui circuit ocupă un loc de 6,75 × 6,20 m înconjurat cu gard din plasă metalică, cu ochiuri de 2 cm de 2,5 m înălțime. Între cutiile terminale și descărcătoarele catodice este așezată de asemenea o plasă de protecție pentru asigurarea unei protecții suplimentare a cutiilor terminale. În afara gardului exterior, pe partea cutiilor terminale s-a prevăzut un culoar de acces cu balustradă care permite organelor de exploatare să supravegheze instalația și să citească indicațiile manometrelor (fig. 6).

Cutia terminală a capului de rezervă se montează separat, pe un suport de 2,8 m înălțime. Cablul de rezervă se racordează la o bară de rezervă constituită din conductori și lanțuri de izolatori, care permite înlocuirea oricărui cablu în funcțiune cu cablul de rezervă. Izolarea unui cablu defect și înlocuirea acestuia cu cablul de rezervă se realizează prin schimbarea legăturilor dintre conductorii de coborîre ai fazelor și cutiile terminale ale cablurilor

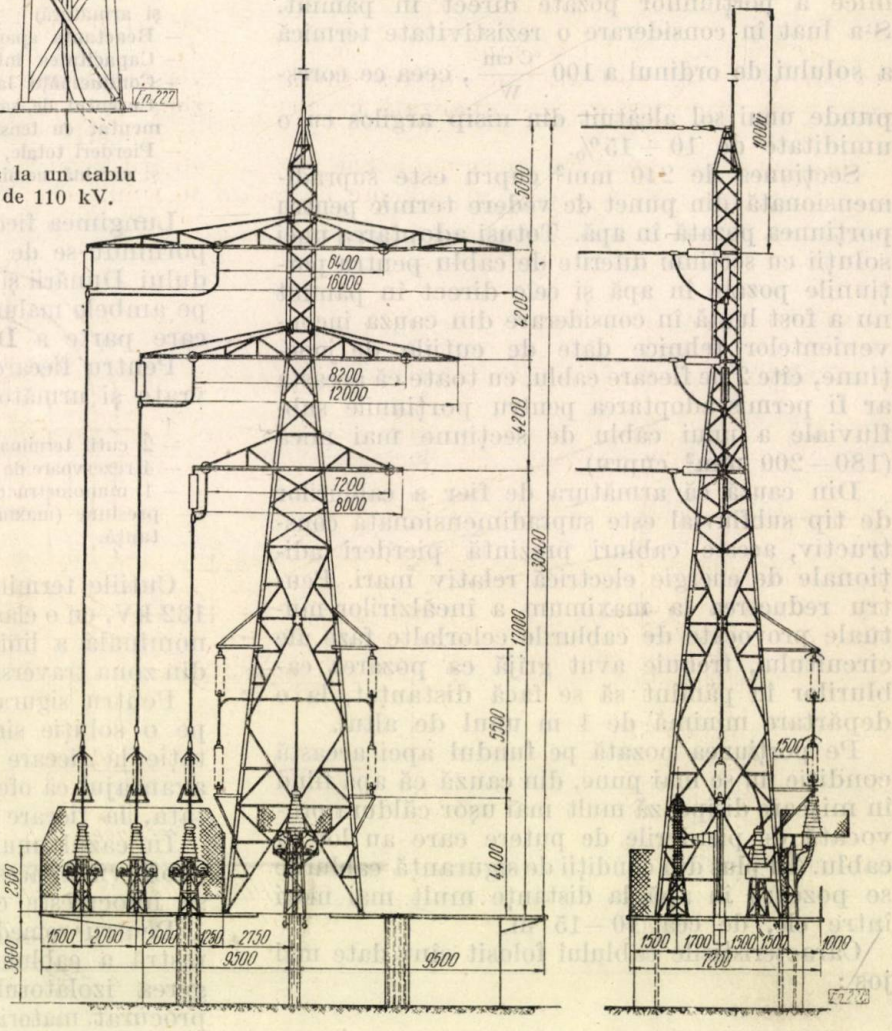


Fig. 6. Stîlpul de traversare cu instalația cutiilor terminale ale cablurilor de 110 kV.

tuturor fazelor circuitului scos din funcțiune (fig. 7).

Pe pereții fundațiilor stîlpilor de traversare cablurile se pozează în canale prevăzute special în acest scop, protejate cu plăci metalice care asigură raze de îndoire mai mari de 1,25 m.

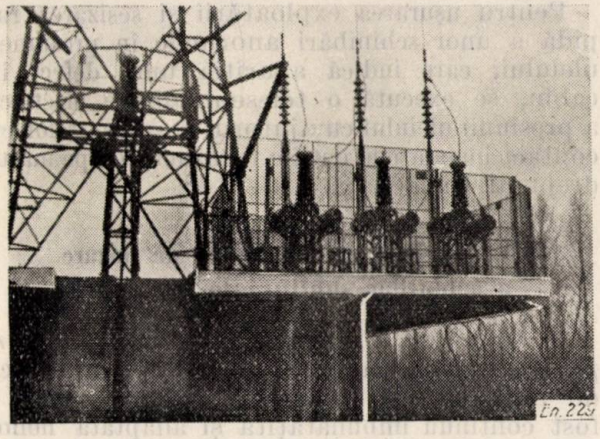


Fig. 7. Vedere de ansamblu a cutiilor terminale.

Datorită caracterului și importanței acestei lucrări protecția instalației împotriva supratensiunilor atmosferice a fost analizată în mod deosebit.

Lungimea cablului fiind aproape 1 km, valorile supratensiunilor provenind dinspre linia aeriană sînt micșorate și cablurile sînt astfel autoprotejate. Deoarece cutiile terminale ale cablurilor de traversare nu sînt așezate într-o instalație de distribuție reglementar protejată împotriva loviturilor directe de trăznet, au fost luate următoarele măsuri suplimentare de protecție :

a) Descărcătoare catodice pe fiecare fază, montate înaintea cutiilor terminale.

b) Conductori de protecție pe ultimii 2 km de linie înaintea intrărilor în cablu.

c) Protecție împotriva loviturilor directe de trăznet prin paratrăznete verticale de 6 m montate pe vîrful fiecărui stîlp de traversare.

d) Realizarea unei prize de pămînt cu rezistența maximă de 1 ohm la care se leagă părțile metalice montate pe stîlpi, armăturile cutiilor terminale și ale cablurilor. În prealabil cămașa și armătura cablurilor sînt legate în scurtcircuit.

3. *Canalizarea subterană și lucrări anexe.* Cablurile aferente circuitului montat în prima etapă se pozează lateral pe aceeași parte a traversării, iar cablul de rezervă în axul traversării (fig. 8).

Locul subtraversării Dunării se semnalează pentru interzicerea ancorării vaselor într-o zonă de cîte 400 m în amonte și aval de axul traversării. Semnalizarea trebuie să fie vizibilă atît ziua cît și noaptea. În timpul nopții semnalele cu ancora întoarsă sînt iluminate cu lumină albă continuă prin lămpi speciale cu acetilenă, de tipul celor utilizate la farurile fluviale. Balizele de semnalizare trebuie executate pe ambele maluri ale Dunării, la 400 m de o parte și de alta a axului traversării subfluviale (fig. 9).

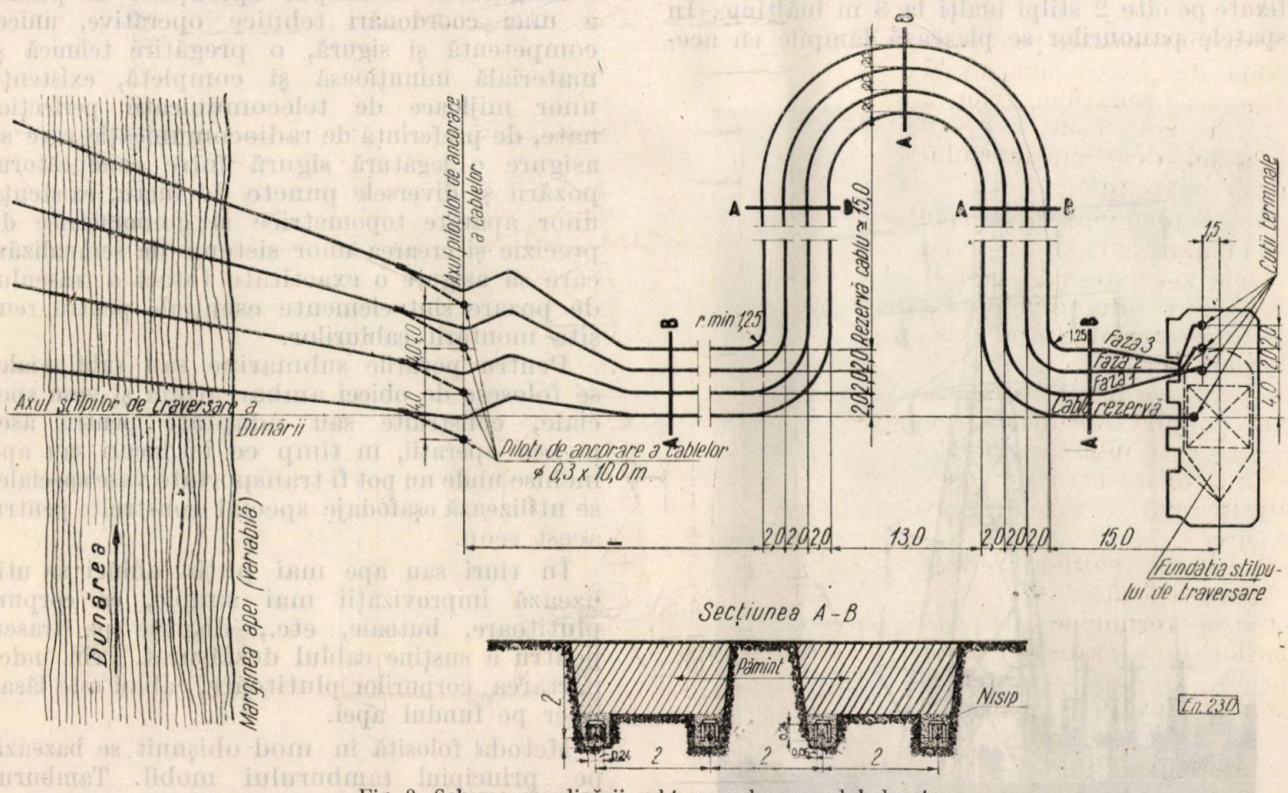


Fig. 8. Schema canalizării subterane de pe malul drept

Constructiv semnalizarea de noapte se realizează prin panouri metalice în care s-a decupat semnul convențional al interzicerii aruncării ancorei: ancoră răsturnată. Panourile sînt

Fig. 9. Semnalizare de zi și de noapte a traversării subfluviale

fixate pe cîte 2 stîlpi înalți la 3 m înălțime. În spatele panourilor se plasează lămpile cu ace-

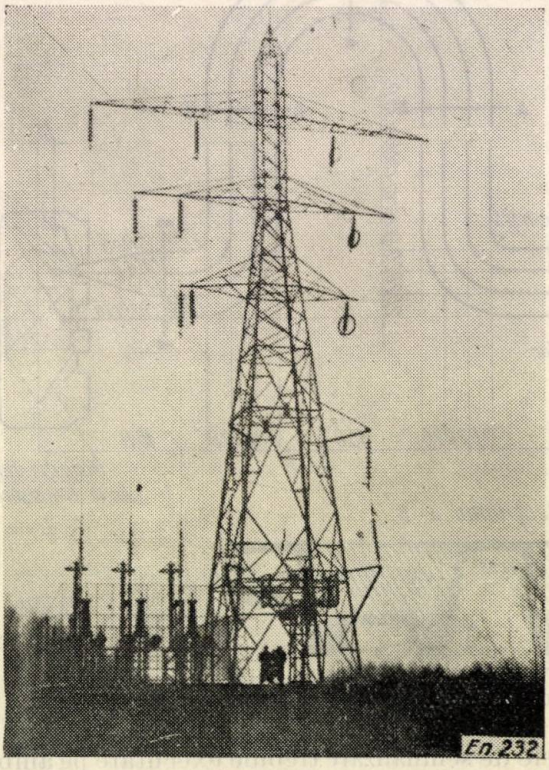


Fig. 10. Vedere de ansamblu a stîlpului terminal al liniei cu instalația cutiilor terminale.

tilenă în dulapuri metalice iar tuburile cu acetilenă se montează la sol tot într-o cutie metalică.

Semnalizarea de zi este alcătuită din panouri asemănătoare pe care s-a vopsit vizibil semnul ancorei răsturnate.

Pentru ușurarea exploatării și sesizarea rapidă a unor schimbări anormale în presiunea uleiului, care indică apariția unui defect în cablu, se execută o telesemnalizare electrică a presiunii uleiului cu ajutorul manometrelor cu contact instalate la cutiile terminale de pe malul drept al Dunării.

V. Executarea lucrărilor de pozare a cablurilor subfluviale de 110 kV

1. *Caracterul tehnologiei pozărilor de cabluri pe sub ape.* Pozarea cablurilor sub apă se practică de mulți ani și tehnologia acestor lucrări a fost continuu îmbunătățită și adaptată noilor mijloace tehnice. În prezent se utilizează mai multe metode de pozare peste ape, care în principal variază în funcție de natura obstacolului de traversat (lac, fluviu, mare) de destinația și felul cablului (de forță sau de telecomunicații, monofazat sau trifazat, rotund sau plat, etc.), de lungimea, profilul și caracteristicile traseului și de mijloacele de pozare de care se dispune.

Asigurarea în timpul operațiilor de pozare a unei coordonări tehnice operative, unice, competentă și sigură, o pregătire tehnică și materială minuțioasă și completă, existența unor mijloace de telecomunicații perfecționate, de preferință de radiocomunicație care să asigure o legătură sigură între conducătorul pozării și diversele puncte de lucru, existența unor aparate topometrice și goniometrice de precizie și crearea unor sisteme de semnalizări care să asigure o exactitate totală a traseului de pozare sînt elemente esențiale pentru reușita montării cablurilor.

Pentru pozările submarine sau subfluviale, se folosesc de obicei ambarcațiuni și vase speciale, construite sau adaptate pentru asemenea operații, în timp ce în lacuri sau ape închise unde nu pot fi transportate vase speciale, se utilizează eșafodaje special construite pentru acest scop.

În rîuri sau ape mai puțin adînci se utilizează improvizații mai simple, ca corpuri plutitoare, butoaie, etc., dispuse pe traseu pentru a susține cablul desfășurat. Prin îndepărtarea corpurilor plutitoare, cablul este lăsat liber pe fundul apei.

Metoda folosită în mod obișnuit se bazează pe principiul tamburului mobil. Tamburul este instalat pe vas și cablul se desfășoară prin deplasarea vasului. În timpul operației de pozare, cablul se află sub o anumită tracțiune mecanică. Este important ca efortul de tracțiune care acționează asupra cablului să fie

controlat. Acest efort nu trebuie să depășească valoarea prescrisă pentru cablul respectiv și nici nu trebuie să fie prea mic, pentru ca porțiunea de cablu pozată pe fund să nu formeze o linie șerpuitoare consumîndu-se o lungime inutilă de cablu. În același timp, efortul de tracțiune trebuie să acționeze numai în lungul cablului, care prin construcție este prevăzut să suporte acest efort de tracțiune. Orice dezaxare a efortului de tracțiune face să apară un efort de încovoiere la care cablul nu rezistă în bune condițiuni.

2. *Pregătirea lucrărilor de pozare.* Un element esențial și caracteristic al pozărilor de cabluri subfluviale îl constituie pregătirea lucrării.

Pozarea propriu-zisă se face într-o zi, dar pregătirea durează mai multe săptămîni, fapt care arată rolul ei în realizarea lucrării. Această pregătire are în primul rînd un caracter tehnic și în al doilea rînd un caracter organizatoric. Pentru realizarea ei în bune condițiuni a fost necesară precizarea din timp a tuturor elementelor constructive și stabilirea în amănunt a tehnologiei de execuție prin proiectul de organizare tehnică a pozării.

După cum s-a arătat mai înainte, pentru această traversare s-a ales tipul de cablu monofazat cu circulație de ulei de joasă presiune. Acest tip are o construcție întărită, construită dintr-o armătură specială din țesătură metalică.

Caracteristicile traversării au permis ca fiecare cablu monofazat să fie executat dintr-o singură bucată și să fie înfășurat pe un singur tambur, evitîndu-se astfel îmbinările pe traseul subfluvial. Tamburii respectivi, deși de dimensiuni și greutăți apreciabile (diametrul : 3 000 mm și greutatea cca. 20 t) s-au încadrat totuși în gabaritele admise atît pentru calea ferată cît și pentru transportul rutier.

Deși necesită operațiuni mai complicate, s-a preferat totuși pozarea simultană a celor 4 cabluri deoarece aceasta permitea realizarea unui traseu riguros, scurta sensibil timpul de întrerupere a navigației, ceea ce în cazul Dunării era un element hotărîtor și în același timp reducea costul pozării.

Pentru efectuarea pozării s-a folosit un șlep amenajat special în acest scop. Caracteristicile acestuia trebuiau să răspundă condițiilor tehnice de pozare și anume :

— să aibă 4 cale egal distanțate, fiecare din cei 4 tamburi instalîndu-se într-o asemenea cală,

— să nu aibă pe cît posibil pe punte construcții sau instalații care să împiedice operațiile de pozare,

— înălțimea punții deasupra apei să nu depășească cca. 2-5 m cu tamburii încărcați,

— să fie înzestrat cu un minimum de trolii, macara cu braț și alte instalații marinărești, necesare manevrării.

Distanța care se prescrie de obicei între cablurile pozate pe fundul fluviului este de 10—15 m. Distanța între cale trebuia deci să corespundă aproximativ acestor valori.

Șlepul ales satisfăcea aceste condiții avînd următoarele caracteristici : lungimea 60 m, lățimea 9 m, înălțimea deasupra apei cu șlepul încărcat la plin 0,5 m, înălțimea deasupra apei cu șlepul descărcat 3 m și 4 cale cu dimensiuni aproximative de 3,5 × 2,5 m.

Șlepul a fost introdus într-un șantier naval unde i s-au făcut toate amenajările speciale, necesare pozării. Se menționează că amenajările și instalațiile executate pe șlep pentru pozare au fost făcute demontabile, pentru a putea fi folosite din nou și la alte lucrări similare. Apoi a fost adus în portul în care erau depozitați cei 4 tamburi și cu ajutorul unei macarale plutitoare, fiecare tambur a fost introdus și așezat într-o cală (fig. 11). Se subliniază atenția cu care a trebuit să fie manevrați tamburii în tot timpul transportului pe calea ferată sau pe vas, de la încărcarea din fabrică și pînă la locul de pozare.

Așezarea fiecărui tambur în cală s-a făcut pe un eșafodaj solid, construit din două picioare de stejar, avînd cîte un cap metalic de construcție specială, pe care se sprijină o axă de oțel și pe care se poate roti tamburul. Eșafodajul se consolidează bine în coastele vasului. Între-

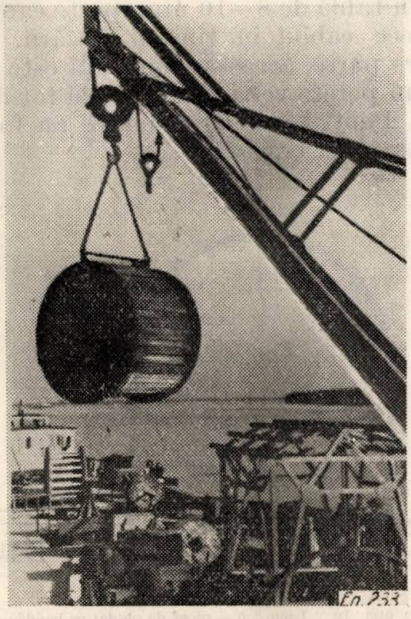


Fig. 11. Încărcarea pe șlep a tamburului

gul suport, axă și picioare, a fost dimensionat pentru o sarcină de 20 t (fig. 12).

Pentru a se realiza o siguranță maximă a cablurilor pe timpul transportului și pozării au fost folosiți tamburi metalici de construcție

robustă cu o greutate proprie de cca. 2,5 t. În interiorul tamburului s-a amenajat un spațiu pentru rezervorul de ulei sub presiune al cablului.

Pe tamburii instalați în cale s-a montat cîte o frînă cu bandă de oțel (fig. 13) construită

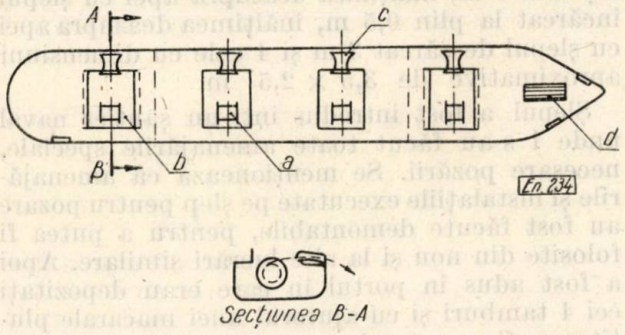


Fig. 12. Schița șlepului de pozare, încărcat cu tamburi de cablu :

a — tamburul cu cablu ; *b* — cale ; *c* — dispozitiv de ghidaj ; *d* — eșafodaj tubular mobil

special și destinată a regla viteza de rotație a tamburului și deci viteza de derulare a cablului, coordonat cu viteza de deplasare a șlepului.

O piesă importantă pentru pozare, care a fost construită în mod special, este dispozitivul de ghidaj, montat pe partea laterală a șlepului, la marginea punții, în dreptul fiecărei cale (fig. 14 ; 15). Baza acestei piese este o suprafață curbă din tablă de 8—10 mm, peste care trebuie să alunece cablul în timpul pozării. Lateral, de fiecare parte, această suprafață este limitată de cîte un perete vertical din tablă tot de formă curbată. Pentru întreaga lucrare au fost necesare 4 asemenea piese.

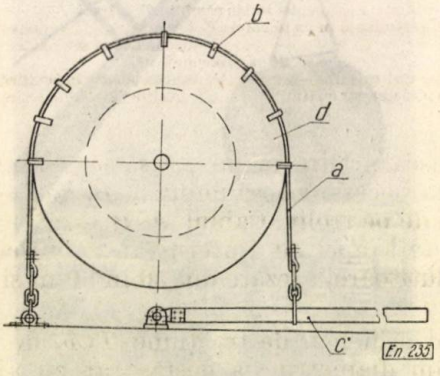
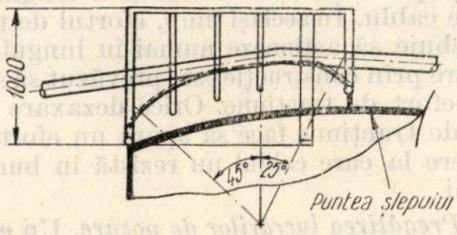


Fig. 13. Frînă cu bandă :

a — bandă de oțel 10 × 1 mm ; *b* — piesă de ghidaj pe bandă ; *c* — pîrghie de acționare a frînei ; *d* — tamburul de cablu.

Un alt dispozitiv important este un eșafodaj construit pe un schelet metalic și care are la partea superioară o suprafață curbă formată din țevi, alternate cu grinzi de lemn (fig. 16). Pe această suprafață se va sprijini cablul aproape de sfîrșitul pozării, cînd trebuie coborît de pe șlep. Mobilitatea eșafodajului este asigurată cu 4 roți care se mișcă pe două căi de rulare din profile U de cca. 10 m așezate pe puntea vasului.



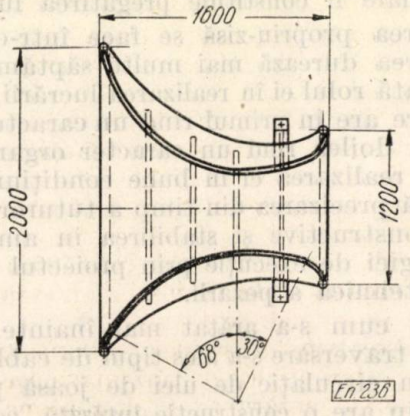


Fig. 14. Piesă de ghidaj a cablului.

În fig. 17 este arătat un dispozitiv metalic semicircular utilizat pentru susținerea cablului, la coborîrea lui pe șlep. Cablul se sprijină pe periferia semicirculară a acestui dispozitiv, care este coborît în apă cu ajutorul unei frînghii de care este agățat. În felul acesta, se evită frîngerea

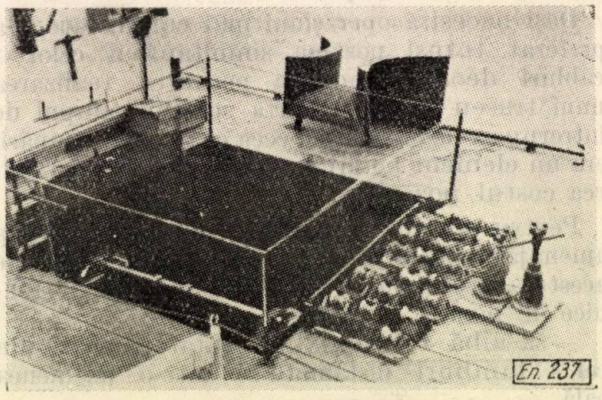


Fig. 15. O piesă de ghidaj pe punte.

cablului, sub greutatea proprie în timpul coborîrii.

Pentru sprijinirea cablului în timpul lucrărilor de ancorare, pe maluri s-a construit o tobă de troliu din tablă, cu un diametru de cca. 280 mm,

sprijinită pe doi suporți de lemn, capabilă să suporte o sarcină verticală de cca 1 t.

Pentru pozare au mai fost pregătite de asemenea o serie de cabluri de tracțiune, frînghii,

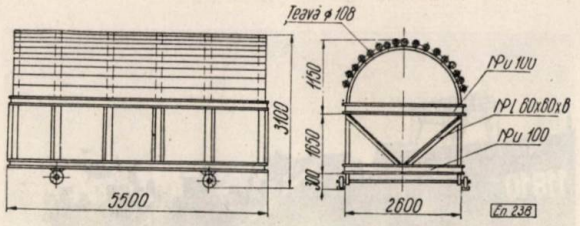


Fig. 16. Eşafodaj tubular mobil.

lanțuri și scule de tragere, de prindere etc., după cum urmează :

— două cabluri de tracțiune unul de cca. 1 200 m și celălalt de 800 m, dintr-o singură bucată și de 15—20 mm diametru pentru o sarcină de rupere de cca. 15 t, prevăzut la capete cu inele de fixare,

— un cablu de tracțiune de cca. 700 m dintr-o singură bucată și de 10 mm diametru pentru o sarcină de rupere de 10 t,

— diverse frînghii, scripeți, palane de mînă, macarale diferențiale, centuri marinărești, etc.

În vederea pozării s-au plantat pe maluri 3 piloni în pozițiile indicate în fig. 18.

Pe malul la care se termină pozarea, s-a amenajat un drum de cca. 300—400 m, pentru tractor.

Pe același mal, pe care după cum se vede se află și centrul de greutate al lucrărilor, s-au pregătit și amenajările de șantier strict necesare : rulote, barăci din tablă ondulată demontabile pentru scule, materiale și echipamente, grup electrogen etc.

3. *Desfășurarea operațiilor de pozare.* Operațiile de pozare s-au desfășurat după schema generală arătată în fig. 18.

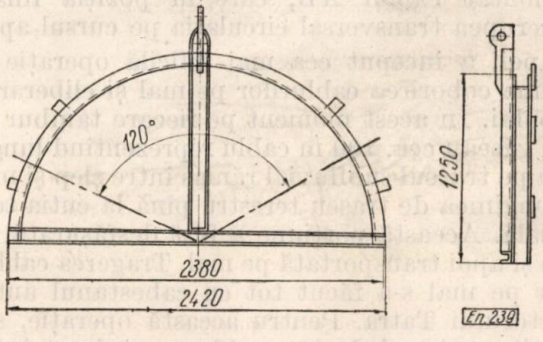


Fig. 17. Suport metalic semicircular.

Cei 3 piloni *A*, *C*, *D*, dispuși ca în fig. 18 au fost bine implantați în sol, capabili să suporte o tracțiune orizontală de 10 t și avînd o înălțime de cca. 1—1,5 m deasupra solului.

Cu ajutorul remorcherului, șlepul, pregătit și încărcat cu cei 4 tamburi, a fost adus pe malul drept în poziția de plecare cu prora în sensul amonte al apei.

Problema principală a pozării constă în realizarea unui sistem de forțe active și de forțe de reacțiune, aplicate șlepului, care să poată fi controlate și reglate astfel ca asupra șlepului să acționeze o rezultantă, a cărei direcție să coincidă cu direcția de pozare.

Cu ajutorul cablului *A B*, de 1 200 m și 20 mm diametru șlepul a fost ancorat de pilonul A situat în amonte pe malul de la care începe pozarea la cca. 1 000 m. Celălalt capăt al cablului a fost fixat pe troliul *B* instalat la prora șlepului pe care este înfășurată și rezerva de cca. 200 m a acestui cablu. Pe măsură ce șlepul

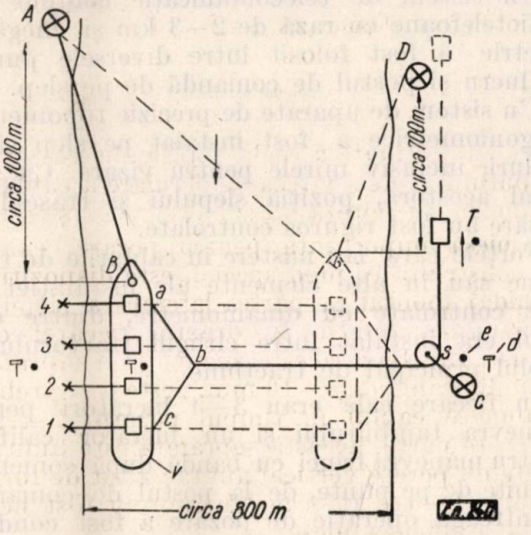


Fig. 18. Schema generală a pozării :

A, C, D — piloți de beton plantați în pămînt ; *T* — tractor ; *S* — scripete *B* — troliu instalat la prora șlepului ; *V* — șlepul ; *a, b, c* — dispozitiv de tracțiune din cablu în V ; *d* — post de topometrie și semnalizare ; *e* — post de radiocomunicații.

Observație : Cu linii pline este figurat întregul dispozitiv în poziția inițială (de plecare), iar cu linii punctate în poziția finală (de sosire).

se deplasează spre malul opus, se completează lungimea necesară a cablului *A B*, cu ajutorul rezervei de pe troliu. Cablul *A B* este menținut la suprafața apei cu ajutorul unor butoaie metalice plutitoare, așezate din 50 în 50 m și legate de el.

Cablul principal de tracțiune *TCb*, de 800 m și 20 mm diametru s-a desfășurat cu ajutorul remorcherului transversal pe fluviu, de la malul opus spre malul la care se găsea șlepul în poziția de plecare. În timpul desfășurării, acest cablu a fost menținut la suprafața apei tot cu butoaie plutitoare. Cablul *TCb* este racordat în punctul *b*, cu dispozitivul în V, format din două cabluri de oțel fixate de șlep în punctele *a* și *c*.

În continuare spre celălalt capăt, cablul principal de tracțiune *TCb* este trecut peste scripetele *S* ancorat de pilonul *C*, și apoi este cuplat

prin intermediul unei alte piese speciale de cîrligul de tracțiune al tractorului. Șlepul se găsea astfel pregătit pentru începerea pozării. Capetele celor 4 cabluri electrice care se pozează au fost derulate de pe tamburi și trase pe malul lîngă care era ancorat șlepul (malul drept), desfășurîndu-se lungimea necesară pentru pozarea lor în poziție definitivă pînă la cutia terminală (cca. 100 m pentru fiecare cablu) și fixate pe mal în această poziție. Tragerea cablurilor pe mal s-a făcut mecanizat cu ajutorul cabestanului unui autotractor Tatra, utilaj de mare productivitate, realizîndu-se o tragere foarte uniformă și sigură și o desfășurare foarte rapidă.

Se menționează că tamburii au fost amplasați în cale în așa fel ca derularea cablului să se poată face pe la partea superioară a tamburului.

Un sistem de telecomunicație compus din radiotelefoane cu rază de 2—3 km și megafon electric a fost folosit între diversele puncte de lucru și postul de comandă de pe șlep.

Un sistem de aparate de precizie topometrice și goniometrice a fost instalat pe șlep și pe maluri, inclusiv mirele pentru vizare. Cu ajutorul acestora, poziția șlepului și traseul de pozare au fost riguros controlate.

Forțele care iau naștere în cablurile de tracțiune sau în alte elemente ale instalației au fost controlate cu dinamometre, dintre care unul era instalat între cîrligul tractorului și cablul principal de tracțiune.

În fiecare cală erau 3—4 lucrători pentru manevra tamburului și un lucrător calificat pentru manevra frînei cu bandă după comenzile primite de pe punte, de la postul de comandă.

Întreaga operație de pozare a fost condusă de la postul central de comandă instalat pe vas. Șeful pozării a verificat personal pregătirile, iar în timpul pozării a coordonat și dirijat operațiile, a supravegheat instrumentele goniometrice, fiind singurul care a dat comenzile necesare.

Prin deplasarea tractorului pe mal în amonte, pe drumul amenajat, întregul dispozitiv a intrat în mișcare, iar șlepul s-a deplasat spre malul opus, paralel cu axa sa longitudinală, printr-o mișcare de translație. În acest timp, cablurile electrice se derulau după tambur, sub acțiunea tracțiunii mecanice, realizată prin sistemul de forțe amintit și după ce treceau peste piesa de ghidaj din figură, coborau în apă pe partea laterală stîngă a șlepului (fig. 19).

În acest sistem de forțe un rol important îl are forța de frînare aplicată tamburilor. Curba pe care o formează cablul la coborîrea de pe șlep și pînă atinge fundul apei variază cu viteza șlepului. La o viteză redusă de deplasare, cablul care atîrnă ia forma curbei lănțișorului; cu cît crește viteza, forma cablului se apropie de o linie dreaptă a cărei înclinare este în funcție de viteza și de greutatea cablului. Forța cu care trebuie frînat cablul trebuie să compenseze greutatea porțiunii de cablu care atîrnă între șlep și fundul apei, mai puțin forța de împingerea apei. Forța de frînare trebuie deci astfel reglată ca să asigure o pozare fără sinuozități a cablului.

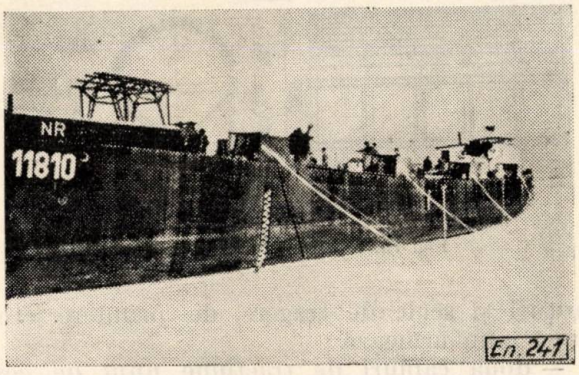


Fig. 19. Șlepul în poziție de sosire.

În timpul deplasării se comunicau conducătorului prin radio valorile forțelor la cîrligul tractorului și în celelalte puncte în care erau instalate dinamometre, iar el transmitea comenzi în consecință operatorilor de la frînele tamburilor și celor de la troliul B.

Legătura AB joacă un rol important în reglarea poziției vasului pentru a se păstra riguros traseul, deoarece, așa cum am arătat, variind cu ajutorul troliului B lungimea AB, se pot obține corecțiile necesare în poziția șlepului.

În ziua în care s-a făcut deplasarea șlepului pentru pozarea cablului, circulația navelor în lungul fluviului a fost întreruptă complet cca 8 ore. Cînd șlepul a ajuns la malul opus, în poziția sa finală, pentru a se putea restabili imediat circulația pe fluviu, s-a montat un alt cablu de ancoraj de 10 mm diametru și 700 m, între prora vasului și pilonul D, după care s-a demontat cablul AB, care în poziția finală întrerupea transversal circulația pe cursul apei.

Apoi, a început cea mai dificilă operație și anume coborîrea cablurilor pe mal și eliberarea șlepului. În acest moment pe fiecare tambur se mai găseau cca. 100 m cablu reprezentînd lungimea pe traseul subfluvial rămas între șlep și mal și lungimea de traseu terestru pînă la cutia terminală. Această porțiune a fost desfășurată pe șlep și apoi transportată pe mal. Tragerea cablurilor pe mal s-a făcut tot cu cabestanul autotractorului Tatra. Pentru această operație, s-a folosit pontonul de 10 × 10 m amplasat între șlep și mal. După ce capetele de cablu au fost aduse pe uscat, s-a trecut la eliberarea șlepului. Cablurile au fost ridicate pe construcția tubulară mobilă (fig. 16), care apoi a fost deplasată cu grijă pe puntea șlepului spre proră pe o cale de rulare.

Apoi cu ajutorul dispozitivului semicircular (fig. 17) și cu frînghii de ajutor, cablurile au fost succesiv coborîte în apă pe la proră, permițînd eliberarea șlepului. Operația s-a făcut cu o deosebită atenție pentru a evita agățarea sau frîngerea cablului. Șlepul a fost apoi decuplat de cablurile de tracțiune care au servit la traversare și cu remorcherul a fost scos din zona de pozare.

Lucrările de pozare s-au desfășurat în două zile : prima zi traversarea șlepului după care s-a redeschis circulația pe Dunăre și a doua zi coborîrea cablurilor pe malul de sosire și eliberarea șlepului. În tot timpul operațiilor, șalupele și bărcile cu vîsle au asigurat legătura între șlep și punctele de lucru, de pe mal. Pentru urmărirea operațiilor s-au folosit binocluri și lunete. Dat fiind dificultățile pozării subfluviale, s-a preferat ca lucrarea să se execute în timpul apelor mici. Condițiile climatologice sînt deosebit de importante pentru lucrările de pozare. Pozarea nu se poate face dacă temperatura coboară la 0°C. În ziua pozării este necesară vizibilitatea maximă și vînturile trebuie să fie reduse. Pozarea este interzisă în perioadele de apariție a sloiurilor.

Forțele de muncă necesare desfășurării lucrării au fost în medie următoarele :

— coordonatorul pozării, un șef monteur specialist în pozări subfluviale și un tehnician naval ;

— 5—8 marinari specializați în pozări subfluviale ;

— 10 lucrători calificați la frînele tamburilor și la aparatele de măsură ;

— deserventii utilajelor terestre și navale ;

— deserventii instalațiilor de radiocomunicații ;

— topometri, semnalizatori ;

— 20 lucrători pe șlep și pe celelalte ambarcațiuni, recrutați dintre pescari, barcagii, etc., familiarizați cu lucrul pe apă ;

— 20 lucrători necalificați pe șlep (în cale și pe punte) și pe pontonul de lucru și 20 pe maluri.

4. *Definitivarea lucrărilor de pozare a cablurilor subfluviale.* În afară de operațiile de pozare propriu-zise, s-au executat o serie de lucrări de definitivare a pozării.

a) Controlul traseului subfluvial. După terminarea pozării s-a efectuat controlul traseului subfluvial cu ajutorul unui scafandru deservit de o șalupă înzestrată cu instalațiile necesare de susținere și aeraj. Scafandrul a fost coborît pe fundul apei și a verificat în mai multe puncte dacă pe traseul cablului nu se găsesc epave, trunchiuri sau rădăcini de copaci sau alte obstacole care ar putea dăuna cablului.

b) Protejarea cablurilor în zona malurilor. În apropierea malurilor traseul subfluvial al cablurilor poate fi periclitat de atingerea, apăsarea sau agățarea de corpuri plutitoare cum ar fi : ghețuri, ambarcațiuni mai ușoare, nerespectarea interzicerii de ancorare de către anumite vase etc. Pentru a evita asemenea pericole se iau măsuri speciale de protecție care în general sînt adaptate condițiilor reale existente la locul pozării. După cum se știe la cablurile cu circulație de ulei un punct sensibil îl constituie cămașa de plumb care asigură etanșarea interiorului cablului față de mediul exterior. Acest înveliș de plumb care prin maleabilitatea sa și prin precauțiile luate rezistă în bune condiții în timpul fabricației și pozării, poate fi avariat în urma unor acțiuni mecanice sau vibrații repetate apărute după pozare care provoacă fenomenul de cristalizare a plumbului și ca urmare porificarea și fisurarea acestuia. Este deci deosebit de important ca să se evite apariția unor astfel de solicitări asupra cablurilor pozate.

Pentru malurile cu o structură obișnuită nisipos-mîloasă, măsurile de protejare sînt în general mai simple și constau din aplicarea pe cablu a unor manșoane de protecție (fig. 20).

Aceste manșoane care au o lungime utilă de 333 mm (3 bucăți pe metru) se confecționează din material amagnetic, de obicei bronz, pentru a evita pierderile electrice și deci încălzirea cablului. Ele se execută din 2 jumătăți care se asamblează prin 2 șuruburi ; în același timp fiecare manșon se îmbină cu cel vecin, capul de diametru mai mic al unui manșon fiind acoperit de capul cu diametru mai mare al manșonului adiacent. Montarea acestor manșoane are două scopuri : acela de a îngreuna cablul (cu cca 40 kg/m) și a evita astfel mișcările sau vibrațiile care ar putea apărea din exterior și acela de a proteja mecanic cablul de șocurile sau loviturile directe cauzate de fenomenele arătate mai înainte.

Montarea manșoanelor se face în mod obișnuit pe toată lățimea de mal cuprinsă între nivelul maxim și minim al apei plus o zonă de siguranță în ambele sensuri.

Problema protejării cablurilor în zona malurilor și stabilirii soluțiilor de protecție este destul de dificilă și necesită o cunoaștere detaliată a condițiilor locale și un studiu aprofundat

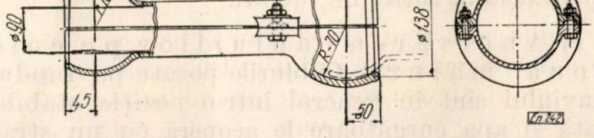


Fig. 20. Manșon de protecție a cablului :
1 — jumătatea inferioară ; *2* — jumătatea superioară

al situației. Trebuie cunoscut regimul apelor și mai ales al ghețurilor care constituie pericolul cel mai grav, trebuie ținut seamă de traficul naval dacă acesta are loc între maluri sau numai în lungul apei, trebuie examinat dacă solul

în zona malurilor este stîncos, rîpos, pietros, nisipos sau mîlos. Soluția manșoanelor de protecție arătată mai sus este adecuată pentru situații de mijloc. Pentru cazuri mai grele, cu pericole mecanice mai frecvente, ea trebuie completată cu măsuri suplimentare de protecție (construcții sau elemente de beton etc.), iar pentru cazuri mai ușoare în care orice fel de pericol este aproape exclus se elimină și manșoanele, recurgîndu-se la simpla îngropare a cablului pe fundul apei.

În cazul traversării Dunării studiindu-se amănunțit situația locală pe ambele maluri în porțiunea subfluvială a traseului s-a executat o tranșee lată de cca. 15 m și adîncă de cca. 2 m (sub fundul albiei) pe o lungime de la mal spre larg de cca. 40 m. Cablurile au fost pozate în această tranșee care se acoperă prin depunerile fluviului și care constituie o protejare suplimentară a cablului. Tranșeele la cele două maluri s-au executat mecanizat printr-o dragă de mare capacitate.

Pe malul drept s-a adoptat o protecție prin manșoane de bronz, deoarece din studiul regimului Dunării, rezultă că acest mal prezintă condiții mai grele de exploatare. Montarea acestor manșoane s-a făcut înaintea începerii pozării subfluviale, folosindu-se un ponton intercalat între șlep și mal, care a ușurat simțitor operația.

Pe malul stîng, pe care Dunărea prezintă un regim liniștit de depunere și pe care nici unul din pericolele amintite nu apar ca probabile, iar panta fundului fluviului este foarte lină, s-a preferat așezarea liberă a cablurilor pe fundul tranșeii subfluviale, excavată de draga arătată mai sus. În această poziție, cablurile sînt acoperite de depunerile aluvionare ale fluviului și rămîn într-un echilibru elastic considerat mai favorabil pentru siguranța cablului.

Pragurile de pămînt care separau porțiunea terestră a traseului de tranșeea subfluvială au fost excavate prin hidromecanizare cu ajutorul scafandrilor. Tot în acest mod s-a executat și racordarea celor două porțiuni ale traseului, în zona malurilor. S-a folosit în acest scop un vas special dotat cu instalații și pompe de hidromecanizare și deservit de o echipă de scafandri, specialiști în astfel de lucrări.

c) Ancorarea cablurilor pe cele două maluri. Cablurile pozate pe fundul fluviului sînt în general într-o poziție stabilizată și apa curgătoare le acoperă cu un strat protector de depuneri, putînd fi astfel considerate ca îngropate. Totuși pentru asigurarea traseului contra oricăror solicitări mecanice, care așa cum am arătat pot apărea din exterior, cablurile au fost ancorate pe ambele maluri. A fost aleasă o soluție de ancorare semielastică, corespunzătoare pentru natura solului și condițiile locale ale malurilor (fig. 21).

La această soluție cablul electric este ancorat de un pilon de beton, prin intermediul unui lanț dimensionat pentru un efort de 10 tone avînd diametrul zalei de 15—20 mm. Prinderea lanțului de cablu se face printr-o clemă specială

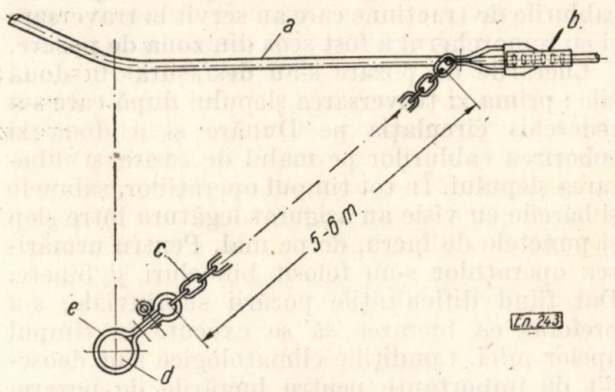


Fig. 21. Ancorare semielastică:
a — cablu electric în porțiunea terestră; *b* — clema cu bride pentru prinderea cablului; *c* — lanț de 10 tone; *d* — pilon de ancorare din beton; *e* — colier.

cu bride iar de pilon printr-un colier dimensionat corespunzător. Această soluție permite ca o solicitare accidentală de încovoiere aplicată cablului să se poată transforma într-o solicitare de întindere pe care cablul o suportă în mai bune condițiuni.

d) Definitivarea traseului terestru al cablului. Locul de ancorare a cablurilor pe maluri constituie delimitarea între porțiunea terestră și porțiunea subfluvială a cablurilor. Prin intermediul ancorării, porțiunea terestră este izolată mecanic de even-

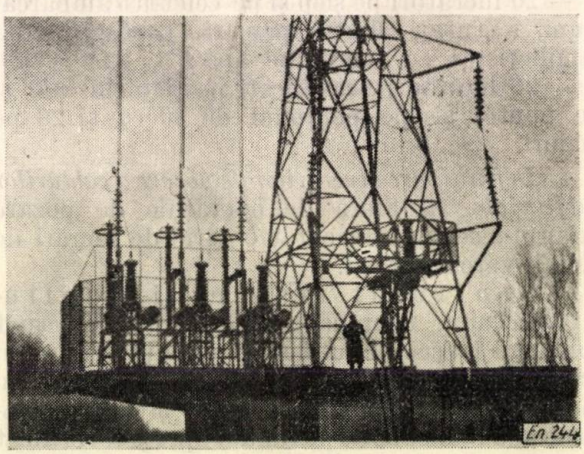


Fig. 22

tualele solicitări la care ar fi supusă porțiunea subfluvială.

Cablurile, care în traseul normal subfluvial erau distanțate la cca. 12 m, încep să fie apropiate treptat chiar din zona subfluvială, în

regiunea piloților de ancorare distanța între ele fiind de cca. 4 m. (fig. 8).

După punctele de ancorare s-au format buclele de rezervă cu o rază mare de curbură, constituindu-se astfel pentru fiecare cablu o rezervă de cca. 25 m. După aceste bucle cablurile au fost apropiate la distanța normală de cca. 2 m, fiind dispuse într-un plan orizontal în același șanț. Traseul s-a continuat astfel pînă în apropierea cutiilor terminale unde din nou au fost depărtate la distanța prescrisă prin proiect între cutiile terminale. Pe porțiunea terestră profilul de pozare se apropie de acela al cablurilor subterane, iar adîncimea de pozare este de cca. 2 m.

VI. Concluzii

Traversarea subfluvială a Dunării realizată în anul 1960 a făcut posibilă legarea la sistemul energetic național a regiunii Dobrogea.

Proiectarea acestei traversări a necesitat efectuarea a numeroase studii geotehnice și hidrologice în vederea determinării exacte a caracteristicilor solului malurilor și a fundului Dunării.

Fundul nisipos al fluviului și viteza relativ redusă a apei au permis să se execute traversarea în cabluri subfluviale.

Soluția traversării aeriene nu a putut fi adoptată din cauza inconvenientelor pe care le prezintă malurile Dunării, a costului mult mai ridicat și a dificultăților mult mai mari pentru construcție și exploatare.

Montarea cablurilor subfluviale și a instalațiilor aferente a necesitat însușirea unei tehnologii de specialitate, folosirea unor utilaje speciale și o pregătire minuțioasă, realizîndu-se o lucrare de înalt nivel calitativ, care a corespuns probelor de recepție și se află în prezent în funcțiune.

Pentru supravegherea și exploatarea acestei lucrări și pentru întreținerea instalației de semnalizare s-a organizat o unitate specială la centrul de exploatare a rețelelor electrice din zonă.

Bibliografie

[1] E. Bidault, R. Valensi: *Traversarea fluviului Sena între Port-Jerôme și Quilbeuf printr-o linie electrică aeriană.* Raport rr. 240 CIGRE 1935.

[2] C. O. Boyse, F. B. Hart: *Traversarea Tamisei printr-o linie de* 132 kV. Raport Nr. 53, CIGRE 1933.

[3] A. Ja. Liberman: *Experiența exploatării marilor traversări aeriene* (Opît ecspluatații bolșih vozdușnîh perehodov). Trudî TNIEL, Vîpusc V, Gosenergoizdat 1956.

[4] E. Barassi: *Marile deschideri de traversare.* Elettrotehnica Nr. 1 (1938) p. 7.

[5] *O deschidere foarte mare peste Sogne* (Ein Weitspannfeld über dem Sognefjörd), ETZ—A, Bl. 77, Heft *8*, S. 244—245.

[6] G. Silva: *Proiectul traversării strîmtorii Messina de către o linie aeriană de* 220 kV (Projet de la traversée du détroit de Messine par une ligne aérienne à 220 kV), Rapp. Nr. 212 CIGRE 1948.

[7] *Traversarea strîmtorii Messina cu o linie aeriană de* 220 kV (L'attraversamento dello Stretto di Messina con linea aerea a 220 kV), Energia Elettrica Nr. 5 (Mai), (1952), fascicolo Nr. 5.

[8] F. Bianchi di Castelbianco, A. Toscano: *Traversarea electrică a strîmtorii Messina* (La traversée électrique du détroit de Messine), Rapp. Nr. 231, CIGRE 1956.

[9] *Linia electrică la traversarea strîmtorii Messina. Date și notițe asupra executării.* (L'elettrodotto attraverso lo Stretto di Messina. Dati e notizie sull'esecuzione), Energia Ellettrica Nr. 9 (Sept), (1956), p. 936—941.

[10] E. M. Stiles: *The Kootenay Lake 2-mile transmission line crossing,* Rapp nr. 204, CIGRE 1954.

[11] Timofeev T. G. *Interconectarea sistemelor energetice francez și englez prin cablu submarin.* Promîsl Energetika 14 (1957), Nr. 2 (febr), 40—43.

[12] Noll E., Sturm G. : *Pozarea unui cablu pentru traversarea unui lac.* ETZ—D, 10 (1958) Nr. 3 (mart.), 65—67.

[13] *Cablul submarin de* 30 kV *între Torregaveta* (*Neapole*) *și insula Ischia.* Energia Elettrica, 34 (1957), Nr. 12 (dec), 1208—1210.

[14] Sturm G. *Un nou procedeu pentru pozarea cablurilor pe subape.* ETZ—D 12 (1960), Nr. 15 (25.VII. 1960), 357—359.

Lopata mecanică cu comanda de la distanță

Literatura tehnică de specialitate descrie multe mijloace de descărcare mecanizată a cărbunelui din vagoanele de cale ferată normală. O atenție deosebită se dă în multe țări instalației de tip culbutor care prinde bine vagonul și-l rotește la 180°, descărcînd toată încărcătura lui într-un bunker aflat sub el. Un asemenea culbutor impune : folosirea unor vagoane speciale (fără cutii de ungere cum sînt aproape toate vagoanele noastre), descărcarea unui cărbune a cărui umiditate totală să nu depășească 34—40%, precum și existența unei hale speciale de încălzire a vagoanelor cu cărbune (de îndată ce temperatura mediului exterior scade sub 0°C). De fapt și podul înclinat folosit pentru descărcarea vagoanelor impune condiții speciale ca : tipul vagonului (să aibă pereții frontali rabatabili), întreținere specială a vagonului (în special completarea cu ulei în cutia de ungere după operația de descărcare a cărbunelui), calitatea cărbunelui (să nu fie umed sau înghețat) etc.

În practica noastră, ne folosim în mod special de poduri rulante cu cupe de graifăr și de lopeți mecanice. Aceste două mijloace pot fi folosite la vagoanele CFR-normale (tip I, K etc.) cu podeaua dreaptă, care formează majoritatea din numărul vagoanelor folosite și nu impun condiții speciale în ce privește calitatea cărbunelui. Neajunsul principal al podului rulant cu graifăr este imposibilitatea descărcării totale a cărbunelui din vagon ; cu ajutorul lui se descarcă numai 60—70% din încărcătură. Lopețile mecanice confecționate de noi în 1955, precum și cele importate în 1955, au avut un mare neajuns în faptul că pentru utilizarea lor erau necesari doi oameni, din care unul la comanda motorului și altul la manevrarea lopeții.

Tipul de lopată mecanică pe care-l prezentăm mai jos, folosit la Termocentrala „Gh. Gheorghiu-Dej" Doicești din anul 1959, s-a comportat îndeajuns de bine în exploatare, atît în condițiile de vară cît și iarna. Această lopată a fost confecționată în atelierele centralei.

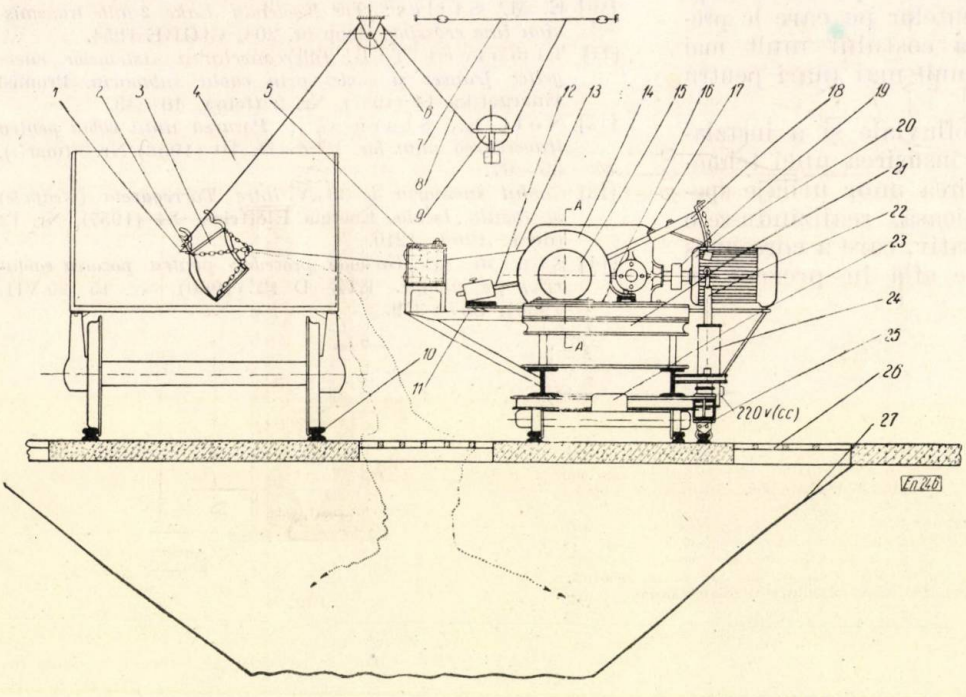


Fig. 1 :

1 — fișă de legătură : *2* — buton de control ; *3* — lopata mecanică propriu-zisă ; *4* — vagonul CFR ; *5* — sistem format din 2 perechi de role cilindrice perpendiculare între ele, pentru ghidarea cablului ; *6* — roată de abatere fixă ; *7* — cablul circuitului de comandă de 12 V ; *8* — cablul de comandă a bobinei (12 V) ; *9* — rolă de abatere cu contragreutate ; *10* — șina CFR ; *11* — pernă de cauciuc pt. amortizarea șocurilor ; *12* — contragreutate ; *13* — cablu de acționare a lopeții ; *14* — tambur de înfășurare a cablului ; *15* — lagăr ; *16* — apărătoare de tablă a tamburului ; *17* — reductor ; *18* — pîrghia telescopică a miezului bobinei ; *19* — cuplă ; *20* — electromotor ; *21* — șasiul lopeții ; *22* — miezul electromagnetului ; *23* — cărucior ; *24* — bobină ; *25* — sistem de fixare a căruciorului ; *26* — grătar ; *27* — bunker.

1. Utilizarea lopeții și productivitatea ei

1.1. Această lopată se poate folosi pentru descărcarea cărbunelui din vagoanele CFR normale tip I,K etc. care au cel puțin o ușă laterală. Ea este deservită de o singură persoană.

1.2. Productivitatea lopeții mecanice variază în funcție de granulație și de starea cărbunelui (uscat, foarte umed, înghețat etc.) între limitele 25 tone/oră—40 tone/oră. Din experiența noastră, putem preciza următoarele :

a) la cărbune cu umiditate totală pînă la 38% și cu granulație 0 — 80 mm se poate descărca 350 — 450 tone/24 ore (aci a fost inclus și timpul de staționare a lopeții în perioadele de manevrare a vagoanelor, de pregătirea bunkerelor. Această observație este valabilă pentru toate cazurile) ;

b) la cărbune cu umiditate totală pînă la 50% dar cu granulație 0—350 mm—cca. 300—350 tone/24 ore ;

c) la cărbune cu umiditate totală pînă la 35% și granulație 0—750 mm—cca. 250—300 tone/24 ore :

d) la cărbune mai înghețat, după spargerea stratului superior de 15—20 cm se obține o productivitate de cca. 250 tone/24 ore.

2. Descrierea sumară a părții mecanice a lopeții

2.1. *Lopata mecanică* este fixată pe un șasiu de vagonet CFI (ecartament 760 mm) spre a putea asigura deplasarea ușoară a lopeții în funcție de vagonul ce urmează a fi descărcat. În timpul funcționării lopeții spre a evita deplasarea ei, cu ajutorul a două ghiare se fixează căruciorul de o a treia șină (vezi fig. 1. poz. *21*, *23* și *25*).

2.2. *Cablul de tracțiune din oțel* care are diametrul de 9 mm se înfășoară pe un tambur (v. fig. 1 poz. *14*) și are un sistem de ghidaj (fig. 1 poz. *1*).

2.3. *Lopata propriu-zisă.* Antrenarea tamburului (*14*) pe care se înfășoară cablul se realizează în felul următor (v. fig. 2) : axul reductorului de viteză (*2*)este cuplat cu sistemul de ambreiere-debreiere prin intermediul unei cuple (poz. *3*, *4*, *18*). Cînd electromagnetul acționează pîrghia (*8*) aceasta execută o mișcare de rotație în jos, prin intermediul bucșei filetate (*22*) a rulmentului axial (*9*) și a șaibei (*10*), — face ca conul interior al ambreiajului să fie impins către cel exterior realizîndu-se astfel punerea în mișcare a tamburului (*14*).

Revenirea sistemului (debreierea) se face cu ajutorul contragreutății (*24*) care rotește pîrghia (*8*) în sus, deplasînd mufa (*22*) la stînga. Aceasta prin intermediul bucșei (*10*) și al rulmentului axial (*25*) trage în afară conul interior (*11*) al ambreiajului.

3. Descrierea și funcționarea părții electrice

3.1. *Antrenarea lopeții.* Se realizează cu un motor asincron avînd caracteristicele : $U = 380$ V, $P = 2$ kW, $n = 1\,400$ rot/min. Motorul este alimentat printr-un cablu flexibil (izolație de cauciuc) prin intermediul unui întrerupător automat în ulei de tip DITU.

Pentru a rezista intemperiilor bobina gata confecționată este impregnată cu lac.

În vederea asigurării stabilității sale în timpul funcționării lopeții, întrucît are o poziție verticală, bobina este introdusă și înțepenită într-un cilindru de oțel (vezi fig. 4).

În interiorul bobinei se poate deplasa un miez de oțel moale de formă cilindrică. La extremitatea de jos a bobinei se află

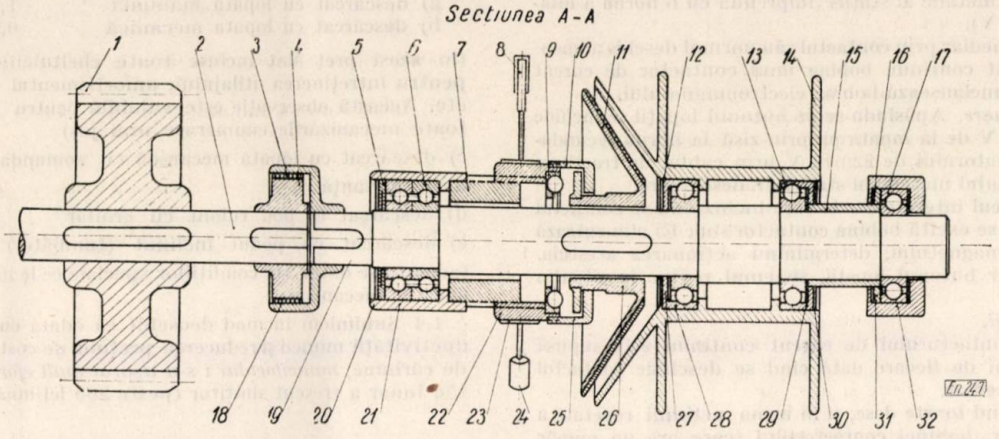


Fig. 2

3.2. *Comanda lopeții.* Dispozitivul de cuplare este antrenat de către un electromagnet solenoidal de cursă lungă, prin intermediul unei pîrghii așa cum se arată în fig. 3.

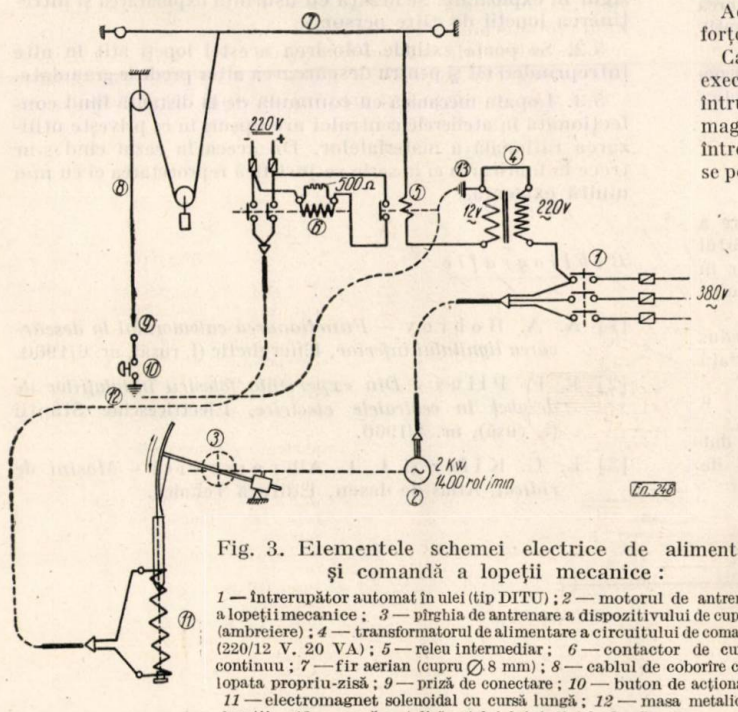


Fig. 3. Elementele schemei electrice de alimentare și comandă a lopeții mecanice :

1 — întrerupător automat în ulei (tip DITU) ; *2* — motorul de antrenare a lopeții mecanice ; *3* — pîrghia de antrenare a dispozitivului de cuplare (ambreiere) ; *4* — transformatorul de alimentare a circuitului de comandă (220/12 V. 20 VA) ; *5* — releu intermediar ; *6* — contactor de curent continuu ; *7* — fir aerian (cupru ∅ 8 mm) ; *8* — cablul de coborîre către lopata propriu-zisă ; *9* — priză de conectare ; *10* — buton de acționare ; *11* — electromagnet solenoidal cu cursă lungă ; *12* — masa metalică a lopeții ; *13* — masă metalică a stelajului stației de descărcare.

contrapolul confecționat de asemenea din oțel moale. Extremitatea miezului de oțel este conică, ea introducîndu-se într-o conicitate corespunzătoare a contrapolului aproape de sfîrșitul cursei.

Aceste conicități sînt necesare în vederea asigurării unei forțe constante aproximativ în tot lungul cursei.

Calculul practic al acestui electromagnet nu s-ar putea executa în bune condițiuni după cele indicate în literatură, întrucît pe lîngă faptul că sînt necunoscute caracteristicele magnetice ale materialelor avute la îndemînă, intervin o serie întreagă de reluctanțe și numeroase scăpări magnetice care nu se pot evalua decît în mod cu totul aproximativ.

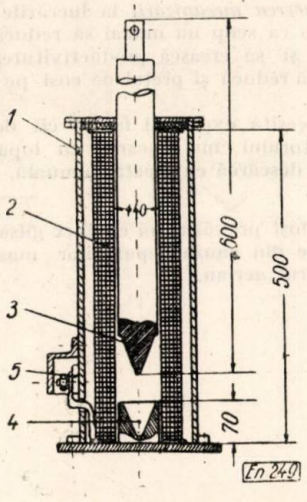


Fig. 4

3.3. *Caracteristicile electromagnetului* :

Tensiunea : 220 V curent continuu, curentul 2A.

Cursa utilă : 30 cm.

Forța de tracțiune : aproximativ 10 kg.

Caracteristici constructive :

Electromagnetul este realizat dintr-o carcasă de cupru de lungimea 500 mm cu un diametru interior de 40 mm.

Carcasa este bobinată pe toată lungimea uniform cu sîrmă de cupru ∅ 0,9 mm izolată B.B. cuprinzînd un număr de 14 000 spire.

De altfel și în literatură sînt prezentate o serie întreagă de formule empirice care diferă de la caz la caz pentru fiecare raport între dimensiuni și anumite caracteristici magnetice ale materialului utilizat.

În cazul de față, dat fiind dimensiunile mari ale electromagnetului, acesta s-a realizat deducîndu-se dimensiunile prin comparație cu tipurile existente prezentate în literatură.

3.4. *Comanda electromagnetului.* Se realizează folosind o tensiune auxiliară de 12 V (v. schema 4). Un transformator de 220/12 V — 20 VA are o bornă a secundarului

conectată în serie cu un releu intermediar de curent alternativ rebobinat pentru 12 V şi firul aerian de cupru întins în lungul staţiei de descărcare. Pe acesta, prin intermediul unui contact fix * se conectează un cablu monofilar care realizează legătura electrică cu lopata propriu-zisă, cu ajutorul unei fişe. În serie cu fişa se află conectat un buton normal deschis, care mai departe este legat la corpul lopeţii.

A doua bornă a secundarului transformatorului este conectată la stelajul metalic al staţiei (împreună cu o bornă a înfăşurării de 220 V).

Releul intermediar prin contactul său normal deschis alimentează cu curent continuu bobina unui contactor de curent continuu care anclanşează bobina electromagnetului.

3.5. *Funcţionare.* Apăsîndu-se pe butonul lopeţii se închide circuitul de 12 V de la lopata propriu-zisă la borna secundarului transformatorului de 220/12 V prin cablul de tracţiune al lopeţii şi stelajul metalic al staţiei de descărcare.

Se excită releul intermediar la care închizîndu-se contactul normal deschis se excită bobina contactorului. El alimentează bobina electromagnetului, determinînd acţionarea acestuia. Lăsîndu-se liber butonul lopeţii, sistemul revine în situaţia iniţială.

3.6. *Observaţii.*

a) Bobina contactorului de curent continuu este supusă la supratensiuni de fiecare dată cînd se deschide contactul releului intermediar.

Manevrele fiind foarte dese, şi în urma acţiunii repetate a supratensiunilor, bobinei contactorului (care are un număr mare de spire, deci o inductanţă mare) i se străpunge izolaţa într-un timp relativ scurt. Pentru a evita apariţia acestora şi a amortiza rapid fenomenul transitoriu, bobina contactorului se şuntează cu o rezistenţă de circa 500 Ω.

În cazul acesta se evită de asemenea şi arcul puternic ce apare la contactul releului intermediar.

b) De la darea impulsului de comandă pînă la executarea comenzii de către electromagnet trece un timp de aproximativ 1 sec. Timpul de revenire este acelaşi.

c) Sursa de curent continuu o constituie grupul motor-generator care serveşte la alimentarea separatoarelor magnetice pentru alegerea corpurilor feroase din cărbune.

4. Cîteva aspecte economice

4.1. *Introducerea mecanizării* la lucrările de descărcare a cărbunelui are ca scop nu numai să reducă simţitor efortul muncitorului şi să crească productivitatea muncii, dar în acelaşi timp să reducă şi preţul de cost pe tona de cărbune descărcat.

Nu mai necesită explicaţii faptul cît de mult s-a redus efortul muncitorului cînd descarcă cu lopata mecanică faţă de cazul cînd descarcă cu lopata manuală.

4.2. *Productivitatea muncii a crescut.* Pentru un vagon de 20 tone se folosesc 7 — 8 oameni-oră cînd se descarcă manual, 3 oameni-oră cînd se descarcă cu lopata mecanică obişnuit şi se folosesc pînă la 1,5 om-oră cînd se descarcă cu lopata mecanică cu comandă de la distanţă.

4.3. *Preţul de cost* pentru descărcarea unei tone de cărbune se ridică la următoarele valori:

a) descărcat cu lopata manuală 1,16 lei/tonă
b) descărcat cu lopata mecanică 0,99 lei/tonă

(în acest preţ sînt incluse toate cheltuielile pentru întreţinerea utilajului, amortismentul etc. Această observaţie este valabilă pentru toate mecanizările enumerate mai jos)

c) descărcat cu lopata mecanică cu comanda de la distanţă 0,66 lei/tonă
d) descărcat cu pod rulant cu graifăr 0,40 lei/tonă
e) descărcat cu podul înclinat (tumbător) 1,75 lei/tonă

(aceasta se datoreşte condiţiilor speciale ce le impune folosirea acestui mecanism).

4.4 Subliniem în mod deosebit că odată cu creşterea productivităţii muncii şi reducerea preţului de cost la descărcările de cărbune, *muncitorului i s-a uşurat mult efortul,* iar cîştigul său lunar a crescut simţitor (peste 200 lei/lună).

5. Concluzii

5.1. Lopata mecanică cu comandă de la distanţă s-a dovedit a fi un mijloc eficace pentru descărcarea mecanizată a vagoanelor cu cărbune. Este un utilaj simplu, de ajuns de robust şi sigur în exploatare. Se învaţă cu uşurinţă exploatarea şi întreţinerea lopeţii de către personal.

5.2. Se poate extinde folosirea acestei lopeţi atît în alte întreprinderi cît şi pentru descărcarea altor produse granulate.

5.3. Lopata mecanică cu comandă de la distanţă fiind confecţionată în atelierele centralei are lipsuri în ce priveşte utilizarea raţională a materialelor. De aceea în cazul cînd s-ar trece la fabricarea ei în serie se justifică reproiectarea ei cu mai multă exigenţă.

Bibliografie

[1] A. A. Bobrov — *Funcţionarea culbutorului la descărcarea lignitului inferior,* Energhetic (l. rusă), nr. 6/1960.

[2] I. F. Plius — *Din experienţa folosirii instalaţiilor de dezgheţ în centralele electrice,* Electriceschie Stanţii (l. rusă), nr. 4/1960.

[3] L. G. Kifer şi I. I. Abramovici — *Maşini de ridicat,* Atlas de desen, Editura Tehnică.

* Iniţial a fost prevăzut un contact glisant care nu a dat rezultate bune din cauza depunerilor masive de praf de cărbune pe firul aerian.

Avarie provocată de descărcări electrice într-o stație exterioară

1. Perioada keraunică din vara anului 1960 în regiunea Văii Jiului a fost foarte abundentă în descărcări electrice. În cursul verii 1960 (iunie-august) au avut loc 26 descărcări electrice dintre care zece au dus la declanșări ale liniilor de înaltă tensiune. Majoritatea declanșărilor liniilor, din cauza descărcărilor electrice, nu au dus la întreruperi ale consumatorilor din cauza funcționării cu succes a dispozitivelor de RAR cu care sînt înzestrate plecările de 110 kV din I.C.T. Paroșeni.

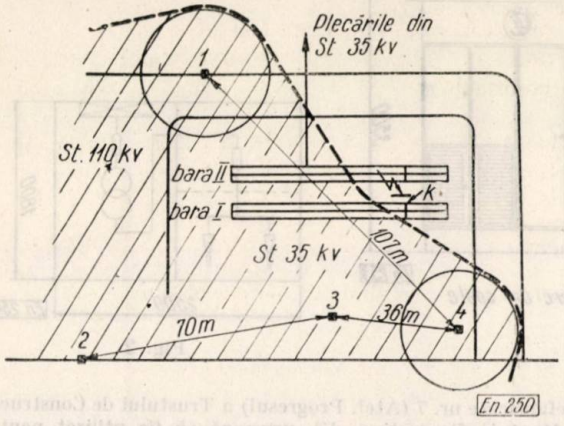


Fig. 1

În această perioadă dispozitivele de RAR au lucrat cu succes de 16 ori realizîndu-se un procentaj de 64 % de acționări reușite.

2. Avaria care se analizează aici a avut loc în stația exterioară de 35 kV în cursul lunii iunie și s-a datorat unei descărcări atmosferice directe. Descărcarea a lovit bara *I* de 35 kV și separatorii de bară ai unuia din blocurile generator-transformator. Ca urmare a descărcării, blocul care alimenta stația a fost deconectat prin protecția maximală instantanee, stația rămînînd fără tensiune.

Pentru determinarea cauzelor care au dus la avarie s-a verificat zona de protecție a paratrăsnetelor stației folosindu-se formulele empirice din literatura de specialitate.

În fig. 1 este arătată zona protejată din stația exterioară de către paratrăznetele existente în momentul avariei (paratrăznetele *1*, *2*, *3*, *4*). Suprafața hașurată reprezintă zona de protecție. Din fig. 1 reiese că portalul și separatorul în care a avut loc descărcarea (*K*) nu intrau în zona de protecție.

La analiza făcută în urma avariei s-a constatat că descărcarea electrică în stația de 35 kV se datora lipsei unui al cincilea paratrăznet care trebuia să acopere și această zonă a stației.

În fig. 2 este arătată zona protejată din stația de 35 kV în cazul în care ar fi existat și acest paratrăznet. Din fig. 2 rezultă că în această situație bara de 35 kV și separatorul (*K*) ar fi intrat în zona de protecție, și avaria nu s-ar fi produs.

Ca rezultat al avariei au fost deteriorate două elemente ale izolatorilor suport ale separatorilor de bare și un element lanț de susținere a barei *I* (figura).

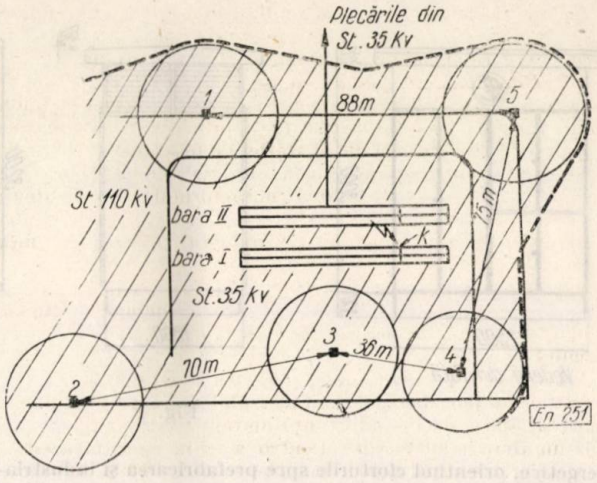


Fig. 2

3. Din analiza avariei descrise rezultă că în exploatare trebuie dată o atenție mai mare protejării stațiilor de descărcările atmosferice.

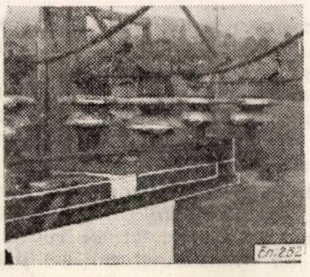


Fig. 3

Acest lucru este valabil în special în cazurile de extindere a instalațiilor exterioare cînd o parte din elemente pot ieși din zona protejată prin dispozitivele existente.

Ing. Gh. Verdeș

Post de transformare metalic în construcţie complet industrializată

Ritmul tot mai rapid de dezvoltare a centrelor urbane, consecinţă directă a industrializării impetuoase a ţării, a condus la necesitatea adoptării unor soluţii moderne privind alimentarea cu energie a noilor consumatori urbani.

Eliminarea duratelor mari de amenajare a actualelor tipuri de posturi de transformare a fost una din problemele cele mai acute puse în faţa organizaţiilor de proiectare şi de montaje

Postul gata echipat, exclusiv transformatorul, poate fi transportat în condiţii normale pe camion sau remorcă (fig. 3). Durata montajului, inclusiv racordările la reţea, este de aproximativ 2 zile. În caz de necesitate (schimbarea amplasamentului) postul poate fi recuperat.

Postul de transformare descris mai sus a fost introdus în producţia de serie a Întreprinderii de Construcţii Metalice

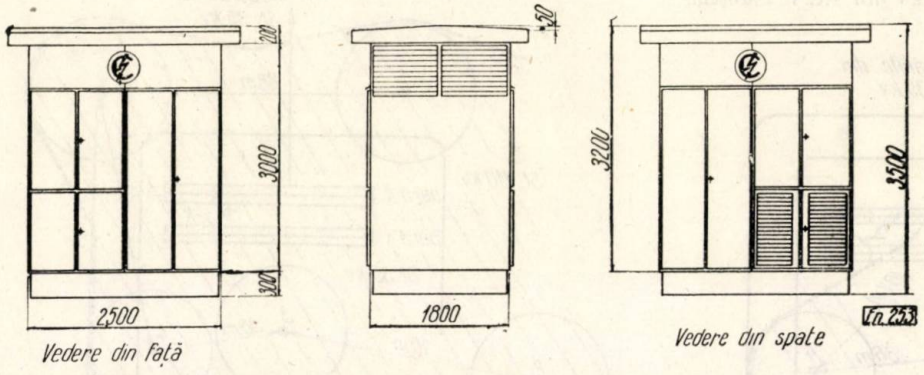


Fig. 1

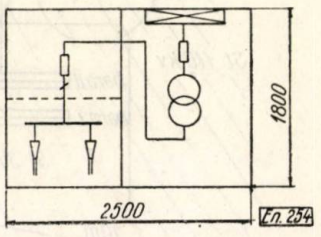


Fig. 2

energetice, orientînd eforturile spre prefabricarea şi industrializarea totală a posturilor de transformare. Studiindu-se actualele tendinţe apărute în tehnica diverselor ţări şi ţinînd seama de condiţiile specifice ţării noastre, s-au avut în vedere două soluţii de prefabricare a posturilor de transformare, şi anume : în cabină de beton armat prefabricat şi în cabină metalică industrializată, ajungîndu-se la concluzia că aceste două variante se completează, fiind oportună utilizarea lor în paralel.

În cele ce urmează se va descrie pe scurt postul de transformare în cabină metalică, complet industrializat, care a fost executat după proiectul elaborat de Grupul Tehnic de proiectare din Trustul de Construcţii şi Montaje Energetice şi de Atelierul de Tipizări din Institutul de Studii şi Proiectări Energetice. El a fost instalat în capitală pentru alimentarea unor noi cartiere de locuit.

Cabina metalică a postului (figura 1) este împărţită în două compartimente. Într-unul din compartimente este dispusă instalaţia de înaltă tensiune, iar în celălalt instalaţia de joasă tensiune şi transformatorul de putere (figura 2).

Deservirea postului se face de pe ambele latu i mari ale acestuia, şi anume :

— Din faţă, dreapta — se manevrează întrerupătorul şi separatorul transformatorului de putere.

— Din faţă, stînga — se manevrează elementele tabloului de joasă tensiune şi se asigură accesul la transformator.

— Din spate, dreapta — se asigură accesul în spatele tabloului de joasă tensiune, la automatul de aprindere a iluminatului public şi se poate introduce sau scoate transformatorul de putere, prin rabaterea capacului mobil de deasupra uşilor.

— Din spate, stînga — se manevrează separatoarele cablelor de înaltă tensiune de alimentare.

Aşezarea transformatorului pe un suport (metalic) suprainălţat, independent de construcţia metalică a cabinei, asigură, pe de o parte, o încărcare — descărcare uşoară a transformatorului pe camion şi, pe de altă parte, condiţii de ventilaţie optime, prin jaluzele şi prin orificiile dispuse sub cornişa cabinei.

Toate compartimentele postului sînt prevăzute cu o instalaţie de iluminat.

Finisajul exterior al postului se execută în funcţie de ansamblul arhitectonic în care acesta urmează a fi instalat.

Postul se instalează pe o fundaţie simplă, din beton, suprainălţată deasupra solului cu 30 cm.

Datele tehnice ale postului sînt date în tabelele 1 şi 2.

Prefabricate nr. 7 (Atel. Progresul) a Trustului de Construcţii şi Montaje Energetice. El urmează să fie utilizat pentru

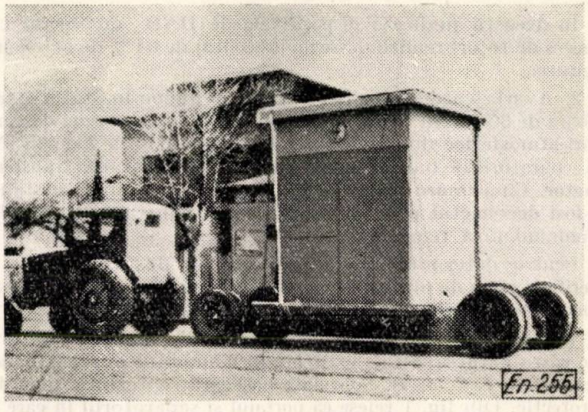


Fig. 3

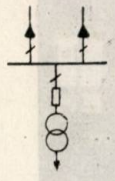
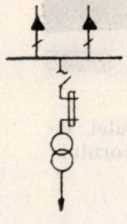
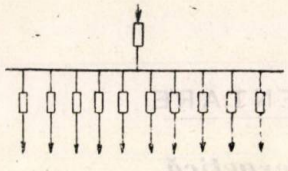
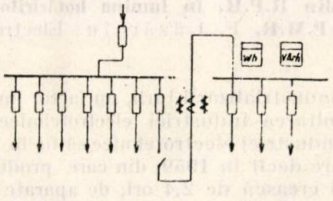
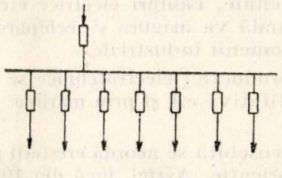
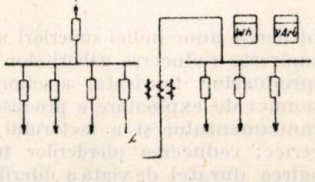
alimentarea cartierelor periferice sau semicentrale ale oraşelor, în toate cazurile cînd planurile de sistematizare nu sînt com-

TABELA 1

Felul caracteristicii	Caracteristica
Locul instalării	în exterior
Puterea maximă a transformatorului instalat	1 x 100 — 1 x 315 KVA
Tensiunea primară	6 (5) sau 10 kV
Tensiunea secundară	380/220 V sau 230/120 V
Nr. de intrări în cablu de înaltă tensiune prin separator	2
Nr. maxim de plecări pe joasă tensiune	10
Schema electrică	Variantele din tabelul 2
Puterea de transfer pe barele de înaltă tensiune ale postului	2500, 3000, 5000 KVA respectiv la 3, 6, 10 kV
Greutatea postului echipat exclusiv transformat.	~ 2250 kgf
Volumul specific	0,056 m³/KVA

Tabela 2

Varianta de echipare

	Nr. crt.	Varianta	Schema electrică
Partea de înaltă tensiune	1	Intrare-ieşire prin separator şi protecţia transformatorului prin întrerupător I.U.P 10 cu dispoz. de acţionare DMI-4	
	2	Idem, dar cu protecţia transformatorului prin separator de sarcină SIA şi siguranţe fuzibile	
Partea de joasă tensiune	3	Două tablouri cu 5 direcţii echipate cu siguranţe cu mîner, fără automat de aprindere al iluminatului public fără contoare	
	4	Cu un tablou cu 6 direcţii şi un tablou cu 3 direcţii echipate cu siguranţe cu mîner, cu contoare şi automat de aprindere al iluminatului public	
	5	Un tablou cu 7 direcţii echipat cu siguranţe cu mîner (ptr. posturi de putere mică)	
	6	Două tablouri cu 3 direcţii echipat cu siguranţe cu mîner, cu contoare şi automat de aprindere al iluminatului public (ptr. posturi de putere mică)	

plet definitivate şi în cazurile cînd nu este posibilă amenajarea posturilor de transformare în blocurile nou construite.

Realizarea acestui tip de post constituie un progres pe linia modernizării şi industrializării lucrărilor de alimentare

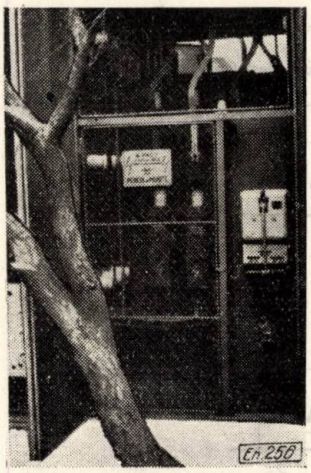


Fig. 4. Vederea celulei de 1T a transformatorului

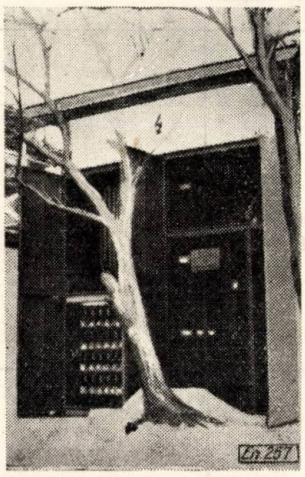


Fig. 5. Vederea din faţă a peretelui cu acces la celula transformatorului, la tabloul de S.T. şi la transformatorul de putere

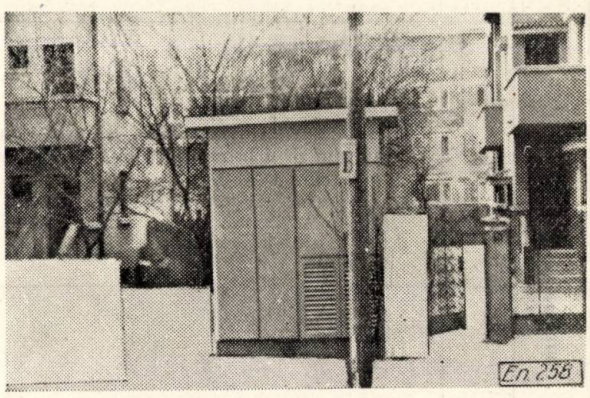


Fig. 6. Postul instalat într-un cartier nou de locuinţe.

De asemenea, el poate fi folosit pentru alimentarea industriilor mici şi mijlocii sau a unor lucrări cu caracter provizoriu sau temporare.

cu energie electrică a centrelor urbane, situîndu-se din punct de vedere al caracteristicilor sale la nivelul tehnicii actuale

S.B. şi *S.M.*

DOCUMENTARE

Electroenergetică

Perspectivele tehnologiei de fabricaţie în industria electrotehnică din R.P.R. în lumina hotărîrilor Congresului al III-lea al P.M.R. F. Lăzăroiu: Electrotehnica **9** (1961) 1, 5—15.

Pe linia industrializării ţării, un factor important îl reprezintă dezvoltarea industriei electrotehnice. Se prevede ca producţia industriei electrotehnice să fie în 1965 de circa 2,5 ori mai mare decît în 1959, din care producţia de motoare electrice să crească de 2,4 ori, de aparate de radio de 1,8 ori, de cabluri electrice de 2,5 ori, iar de bunuri electrotehnice de consum de 3 ori.

Pe lîngă satisfacerea necesităţilor de motoare electrice, aparataj electrotehnic, cabluri electrice etc, industria electrotehnică naţională va asigura şi echiparea liniilor automate din diferite domenii industriale.

Creşterea producţiei electrotehnice se realizează atît prin creşterea cantitativă cît şi prin mărirea numărului de sortimente.

O atenţie deosebită se acordă creşterii parametrilor aparatajului în fabricaţie. Astfel, încă din 1960 uzinele Electroputere au început să livreze transformatoare de 40 MVA, 110 kV şi autotransformatoare de 60 MVA, 110 kV.

Va creşte gama de turbo şi hidrogeneratoare şi puterea acestora.

Pentru obţinerea unor indici superiori ai aparatajului fabricat se urmăreşte reducerea gabaritelor şi greutăţilor specifice ale produselor fabricate, ameliorarea parametrilor tehnico-economici de exploatare a produselor electrotehnice (creşterea randamentului şi a factorului de putere la motoarele electrice, reducerea pierderilor în transformatoare etc), prelungirea duratei de viaţă a diferitelor produse electrotehnice şi folosirea materialelor electrotehnice moderne, în special a materialelor electroizolante şi a materialelor magnetice noi.

Pentru îmbunătăţirea tehnologiei de fabricaţie în industria electrotehnică, se arată că se va extinde mecanizarea şi automatizarea producţiei, asimilarea de materiale noi, specializarea întreprinderilor şi cooperarea între întreprinderi.

Se analizează pe rînd aceste direcţii de dezvoltare a tehnologiei de fabricaţie.

a. p.

Principiul suprapunerii efectelor aplicat nodurilor unei reţele complexe, cale generală şi unitară de analiză a sistemelor electroenergetice. Paul Dimo, Electrotehnica **9** (1961), 4, 113—117.

Pentru studierea sistemului electroenergetic autorul prezintă o metodă originală pentru analiza acestor sisteme, care permite determinarea stabilităţii, reglării şi caracterizării regimurilor acestuia.

În acest scop autorul completează teoria metodei analizei grafice folosită în prezent în RPR pentru sisteme radiale şi pentru cazul sistemelor electroenergetice complexe (metodă nodală a curenţilor de scurtcircuit).

Ca un caz general se consideră o reţea modernă, complexă la care intrarea şi ieşirea încărcării generatoarelor şi sarcinilor în reţea se fac prin noduri.

Legăturile între diversele noduri sînt reprezentate ca impedanţe constante, elementele variabile într-o anumită configuraţie a reţelei rămînînd puterile ce intră sau ies prin noduri.

Pornind de la acestea, funcţionarea unui sistem în ansamblul lui, poate fi cunoscută prin examinarea fenomenelor din fiecare nod în parte.

Se demonstrează astfel că „nodul" aparţinînd unei reţele complexe poate fi considerat ca model simplificat, servind

analizelor ce rezultă la funcționarea unui sistem electroenergetic complex.

În încheierea articolului, autorul ajunge la următoarele concluzii:

1) Prin aplicarea principiului suprapunerii efectelor în nodurile unei rețele complexe, fiecare din aceste noduri poate fi redus la o schemă echivalentă radială tip cu o sarcină unică a nodului respectiv la care se adaugă cea echivalentă sarcinii exterioare.

2) Această reducere se poate face în ipoteza unei rețele complexe exterioare nodului, liniarizată, în care toate sarcinile au fost înlocuite prin impedanțe, putîndu-se păstra pentru sarcina din nodul respectiv o lege de variație oarecare.

3) Schema redusă a unei rețele complexe pentru un nod permite reprezentarea grafică tip utilizată de autor la schema radială în mod general, la raționarea tuturor problemelor specifice de electrotehnică pentru sistemele electroenergetice.

4) Reprezentările grafice făcute simultan în mai multe noduri ale unui sistem fac posibilă examinarea fenomenului privit din diverse puncte în toată complexitatea lui.

5) Impedanțele proprii și de transfer, dat fiind determinarea lor laborioasă, fac ca considerarea rețelelor simetrizate să fie de mare eficacitate.

6) Pentru determinarea impedanțelor se poate combina metoda cu mijloace speciale.

Totuși reducerea la sisteme radiale se poate face pentru probleme curente și fără mijloace speciale de calcul, rezultatele obținute fiind aproximative dar în multe cazuri suficiente.

Teoria generală este exemplificată în articolele publicate în revista Energetica din 1960 (nr. 8) și 1961 (nr. 3).

d. al.

Considerații cu privire la funcționarea și construcția autotransformatoarelor de mare putere pentru reglarea tensiunii în rețelele de transport de energie. Ștefan Grosu, Electrotehnica **9** (1961) 4, 118—123

Pornind de la avantajele pe care le prezintă autotransformatoarele de putere mare pentru reglarea tensiunii în rețelele de transport de energie, în ceea ce privește randamentul, prețul de cost, gabaritele, etc, se arată că folosirea autotransformatoarelor se extinde din ce în ce mai mult în rețelele de transport de energie electrică.

Pentru autotransformatorul de 60 MVA, 110/110 $\pm$ 20% kV realizat în 24 de trepte, construit la uzinele Electroputere Craiova, se analizează problemele ridicate de construcția acestuia.

În scopul alegerii tipului de autotransformator s-au studiat două soluții constructive, adoptîndu-se o soluție care oferă cea mai mare simplicitate și siguranță în exploatare.

Această construcție din punct de vedere al performanțelor și economicității este superioară multor autotransformatoare de construcție străină.

Caracteristicile generale ale autotransformatorului construit sînt:

— puterea de trecere	60 MVA
— tensiunea	110/110 $\pm$ 20% kV
— numărul treptelor de reglare	$\pm$12
— bobinajul terțiar	4 MVA la 6,6 kV
— tensiunea de scurtcircuit maximă	1,8 %
— pierderi maxime liniare în gol	38 kW
— pierderi maxime la scurtcircuit	90 kW
— greutatea totală	59 t

d. al.

Regimurile tranzitorii la conectarea și deconectarea transformatoarelor monofazate V. Corlățeanu și V. Saviuc, Electrotehnica **9** (1961) 1, 15—25

Se studiază procesele tranzitorii care apar în transformatoarele electrice la variația regimului lor de funcționare. Se analizează fenomenele care au loc la conectarea în gol și se dezvoltă în mod deosebit cele de la conectarea în sarcină a transformatoarelor monofazate.

De asemenea se examinează oscilațiile care au loc la deconectarea transformatorului cu sarcină capacitivă, oscilații care pot apare în marile rețele de transport de energie electrică.

La conectarea transformatorului monofazat în gol, se studiază variația în timp a inducției și curentului cu ajutorul metodei liniarizării și al metodei analitice. Pe baza variației inducției obținută cu metoda liniarizării se studiază analitic variația în timp a maximelor curentului de conectare. Apoi, în anumite ipoteze simplificatoare, se compară valorile maxime ale curenților de scurtcircuit și conectare; pentru transformatoarele obișnuite raportul valorilor maxime ale curentului de scurtcircuit și conectare variază de la 2 la 6.

În ceea ce privește conectarea transformatorului monofazat în sarcină, se studiază variația fluxului și a curenților cu metoda liniarizării — la conectarea transformatoarelor cu sarcină inductivă și capacitivă, iar la transformatoarele cu sarcină pur activă și cu metoda analitică.

Variația în timp a curentului și fluxului, precum și variația pulsației oscilațiilor libere cu saturația în cazul unui circuit fără pierderi, la deconectarea unui transformator cu sarcină capacitivă, este determinată prin metoda analitică, prin metoda liniarizării caracteristicii de magnetizare și prin metoda grafică.

În încheiere se dă un exemplu de calcul pentru conectarea în sarcină a unui transformator cu o rezistență a bobinajului primar de $r_1 = 0{,}87\ \Omega$ și o inductanță de dispersie $l_1 = 4.10^3$ H.

a.p.

Energetica industrială

Utilizarea păcurii sau a gazului metan în furnal Cezar Avram, Metalurgia și Construcția de Mașini **XIII**, (1961) 1, 1—9

Reducerea consumului specific de cocs la fabricarea fontei este una dintre problemele importante ale siderurgiei.

În articol se prezintă, dintre toate procedeele de reducere a consumului specific de cocs, numai procedeul înlocuirii parțiale a cocsului cu alți combustibili mai ieftini și ușor de procurat.

După ce se arată aspectele teoretice ale problemei, se studiază posibilitatea utilizării păcurei sau gazului metan. În această analiză se calculează temperaturile ce rezultă din arderea gazului metan și a păcurii și se compară cu temperatura rezultată din arderea cocsului în creuzet. Rezultatele calculelor demonstrează că la aceeași creștere a temperaturii aerului suflat în furnal rezultă o economie de cocs în cazul utilizării păcurei, respectiv o creștere a productivității furnalului în cazul folosirii gazului metan.

În anul 1959 s-a introdus gazul metan la Combinatul Siderurgic Hunedoara și în 1960 la Combinatul Metalurgic Reșița.

În articol se prezintă instalația de gaz metan de la furnale și unele rezultate obținute prin înlocuirea cocsului cu gaz metan: mărirea încărcăturii de minereu de la 9,5 t la 11,1 t, reducerea consumului specific de cocs cu 102 kg/t fontă, etc.

Sub formă de tabele detaliate se dă bilanțul termic și de materiale al furnalelor de la CMR, și datele de exploatare obținute prin arderea gazului metan în aceste furnale.

Din calculul tehnico-economic rezultă că reducerea prețului de cost al fontei este aceeași atunci cînd în furnal se introduce păcură sau gaz metan.

C. W.

Importanța gospodăririi gazului de furnal în uzinele siderurgice O. Klöckl, Metalurgia și Construcția de Mașini **XIII** (1961) 1, 54—56

Folosirea justă a gazului de furnal, care reprezintă circa 40% din căldura rezultată din arderea cocsului în furnal, este una dintre problemele principale ale gospodăririi resurselor energetice ale unei uzine metalurgice.

Problemele ridicate de micșorarea la minimum a pierderilor de gaze și de repartiția folosirii lor în agregate siderurgice sau termice corespunzătoare valorilor termice ale gazului, formează subiectul acestui articol.

Producerea gazului de furnal are variații orare importante în cursul unei zile. Pentru a nu se pierde gaz de furnal este necesară o sincronizare și o continuitate atît a producției

cît și a consumului de gaze. Aceasta face necesară apariția unor consumatori termici în apropierea uzinelor siderurgice. Unii din aceștia pot fi centralele termice la care să se prevadă posibilitatea folosirii unui al doilea combustibil.

Folosirea gazului în cazanele de abur ale centralelor rezolvă și problema folosirii gazometrelor la furnale.

Pentru mărirea continuității producției de gaz se impune funcționarea tuturor furnalelor pe o rețea unică de gaz de furnal.

Creșterea consumului de gaz de furnal conduce la economii de combustibil. La OSM I și II de la Hunedoara folosirea gazului de furnal a adus în 1959 o economie de păcură de 20,5 mil lei, și a făcut posibilă reducerea prețului de cost al unei tone de combustibil convențional la Combinat cu 34%.

C. W,

Valorificarea complexă a resurselor hidraulice D. Pavel. Hidrotehnica **6** (1961) 2, 37—42

Se prezintă rezultatele calculelor și studiilor autorului în legătură cu amenajarea complexă a resurselor hidraulice: hidroenergetice, hidroameliorative, alimentări cu apă și valorificări complexe.

Potențialele teoretice de precipitații (E_p), de scurgere (E_{sc}) și liniar (E_L) ale R.P.R. (inclusiv cota parte Dunăre), după datele autorului sînt:

Categorii de potențiale teoretice	E_p	E_s	E_L	$\frac{E_s}{E_p}$	$\frac{E_L}{E_s}$	$\frac{E_L}{E_p}$
Valorile potențialului (GWh/an)	335963	175656	71 200	0,523	0,405	0,212

Potențialul tehnic amenajabil al cursurilor de apă din R.P.R. (inclusiv cota parte Dunăre) este de 36.077 GWh/an După planul de amenajare hidroenergetică a cursurilor de apă din RPR prezentat rezultă că se pot amenaja un număr de 664 de UHE gravitaționale și 24 uzini cu pompaj totalizînd 10 470 MW, cu 32 625 GWh/an, uzinele gravitaționale fiind clasate în uzini de vîrf, de semivîrf și bază. Din aceste uzini autorul consideră că un număr de 56 uzini au timpi de răscumpărare sub 5 ani totalizînd 4627 MW și 16093 GWh/an la un volum util în lacuri V_u de cca 16 miliarde m³. Folosințele actuale hidroenergetice reprezintă cca 4,1% din potențialul tehnic amenajabil.

Terenurile aride și semiaride din RPR în suprafață de cca 2.800.000 ha necesită în perioada de vegetație un volum de cca 17 miliarde m³, ceea ce conduce la necesitatea construirii pe cursurile de apă de numeroase lacuri compensatoare.

Alte hidroameliorații care trebuiesc avute în vedere în planurile de amenajare sînt: îndiguiri și desecări, regularizarea cursurilor de apă pentru scoaterea de sub inundații a unor importante suprafețe de teren agricol și eliminarea pagubelor provocate de viituri, corecția torenților etc.

Consumul de apă la nivel 1975 apreciat la 3 miliarde m³/an va fi asigurat prin instalații pe mari orașe, regiuni și microregiuni. Consumul de apă pentru nevoile industriale apreciat pentru nivelul anului 1975 la cca 36 miliarde m³/an va fi asigurat luînd în considerare restituțiile de apă, epurate în prealabil, și de lacurile compensatoare care vor fi construite.

În ceea ce privește navigația interioară, autorul întrevede posibilitatea realizării unei rețele navigabile pe rîuri și canale de 3820 km.

De asemeni, sînt enumerate în articol și alte folosințe complexe care trebuiesc integrate în planurile de utilizare a resurselor hidraulice ca: fondul piscicol (astăzi 740.000 ha cu o producție de 45.000 t/an), valorificarea stufului (pentru a cărui cultivare, recoltare și transport se necesită instalații și operațiuni hidraulice), folosințele vegetale și zootehnice anexe și asanări în scopuri sociale.

Valorificarea complectă și complexă a resurselor hidraulice din RPR, care ar necesita după autor un efort de investiții de 257 miliarde lei, ar duce la o creștere a venitului național anual net de 28 miliarde lei. Economicitatea ansamblului amenajărilor hidrotehnice este certă, iar valorificarea treptată și complexă a resurselor hidraulice din RPR vine în ajutorul dezvoltării industriale și desăvîrșirii agriculturii socialiste înaintate.

d. sp.

Cercetări asupra îmbunătățirii funcționării dispozitivelor de de spălare la prize și denisipatoare. C. Mateescu și P. Wisner Hidrotehnica **6** (1961) 3, 69—74.

În vederea înlăturării unor dificultăți care se pot ivi la funcționarea prizelor cu nivel liber și la denisipatoare, autorii studiului, pe baza unor cercetări de laborator, dau cîteva indicații utile pentru exploatarea acestor uvraje hidrotehnice.

Pentru mărirea eficacității spălărilor și reducerea pierderilor de apă la prize și denisipatoare, se recomandă să se înlocuiască spălările complete și îndelungate prin manevre succesive de durată limitată, care să antreneze partea superioară a depunerilor aluvionare tîrîte („depuneri locale").

Dacă la lucrările existente, asigurarea unei spălări rapide și eficace a depunerilor nu este posibilă, atunci trebuiesc realizate modificări ale instalațiilor, de exemplu prin:

— realizarea la prizele laterale a unei avantpile;

— realizarea de instalații care să permită o spălare cu nivele scăzute, deoarece în acest caz au loc reduceri de pierderi de apă însemnate față de cazul cu spălări cu nivele ridicate.

La denisipatoare, pentru obținerea unei spălări rapide a depunerilor locale se recomandă distribuirea longitudinală a debitului de spălare, pentru a se forma un vîrtej cu ax orizontal. Acest sistem se poate adopta și la spălările prizelor laterale, dar necesită să fie comparate economic cu prelungirea în amonte a primei pile.

d. sp.

Expresia coeficientului de pierdere de sarcină locală la variația bruscă a secțiunii unei conducte circulare, în cazul mișcării elicoidale a fluidului. St. Zarea. Hidrotehnica **6** (1961), 3, 74—78

Se deduce o nouă expresie generală a coeficientului de pierderi locale (ζ), pentru schimbarea bruscă a secțiunei unei conducte circulare. Expresia generală nou dedusă a coeficientului are un grad de exactitate mai mare, deoarece, pe lîngă ipotezele luate în considerare la determinarea formulelor clasice, se mai ține seama atît de repartiția neuniformă a vitezei și presiunii din secțiunea transversală a conductei (care prin studii de laborator s-au dovedit că influențează valoarea coeficientului) cît și de caracterul elicoidal al mișcării.

Formula generală dedusă conține un singur factor adimensional (C) pentru care autorul stabilește valori în funcție de numere Reynolds mari.

Valoarea lui ζ_e este:

$$\zeta_e = \frac{(1 + C)\sigma + C}{(1 + C)\sigma - C}(1 - \sigma)^2 + (\sigma^2 - 1)\,\mathrm{tg}^2\,\theta_e$$

unde:

C — coeficient de proporționalitate a diferențelor de presiune;

θ — unghiul pe care-l face viteza rezultantă cu axa conductei;

σ — raportul ariilor secțiunilor transversale ale conductelor.

În articol se dau curbele de variație a coeficientului de pierdere de sarcină locală în funcție de raportul ariilor secțiunilor transversale, pentru diverse valori ale parametrilor C și θ, permițînd posibilitatea să se aprecieze care este ordinul de mărime a erorii în cazul utilizării diferitor formule pentru calculul coeficientului ζ.

Noile expresii analitice prezintă interes atît în practica de proiectare cît și pentru cercetători la determinarea pierderilor de sarcină locale în conductele circulare sub presiune, la variații brusce de secțiuni.

d. sp.

RECENZII

C. I. Penescu: **Automatica şi telemecanica sistemelor energetice,** vol. II, Editura Academiei R.P.R., 1960, 574 p.

În nr. 10 (1959) al revistei Energetica a apărut recenzia primului volum al lucrării citate, căreia îi facem mai jos recenzia volumului al doilea.

Acest volum tratează automatizările în circuit deschis, adică comenzile automate folosite în electroenergetică.

Un prim capitol introductiv face cîteva consideraţii generale şi clasificarea tipurilor de comenzi automate, după care se intră în obiectul propriu-zis al tratatului.

Capitolul următor se ocupă de pornirea automată a motoarelor electrice şi a compensatoarelor sincrone.

În acest capitol trebuie subliniate o serie de particularităţi originale care pun într-o valoare deosebită lucrarea şi anume :

— tratarea motorului de curent continuu cu excitaţie derivaţie într-o manieră similară cu cea în care se tratează motorul asincron ; este vorba de extinderea noţiunii de alunecare şi la această categorie de motoare ;

— determinarea puterii maxime, dedusă din condiţiile pornirii, a unui compensator sincron cuplat la barele unei staţii şi pornit prin organ limitator de curent, cît şi determinarea parametrilor organului limitator de curent.

În continuare, volumul conţine un capitol ce tratează sincronizarea automată a generatoarelor sincrone. Sînt studiate atît diversele metode de sincronizare automată precisă, cît şi autosincronizarea (sincronizarea automată aproximativă).

În acest capitol, care constituie un domeniu preferat al autorului, se găsesc numeroase contribuţii originale.

Astfel, la descrierea sincronizatorului electromagnetic cu timp constant de anticipare se prezintă o metodică de calcul completă.

În aceeaşi categorie trebuie pus calculul erorii la variaţii de tensiune, care se constată la sincronizatoarele electronice cu timp constant de anticipare.

La o analiză detaliată şi originală sînt supuse şi sincronizatoarele cu redresoare la care se recurge la analiza armonică a curenţilor nesinusoidali. Calculele se fac atît în ipoteza egalităţii tensiunilor reţelei şi generatorului de sincronizat, cît şi în cazul cînd ele nu sînt egale.

În partea care descrie regulatoarele de sincronizare, trebuie scos în evidenţă egalizatorul electronic de tensiune cu impulsuri proporţionale.

În fine, partea cea mai valoroasă a capitolului o constituie cea care tratează sincronizarea automată aproximativă.

Autorul, care a studiat în mod amplu cercetările sovietice în domeniul autosincronizării, a efectuat şi o serie de cercetări proprii în ţară.

În lucrare se dă toată contribuţia personală a autorului, care a făcut dealtfel obiectul unui raport romînesc la sesiunea din 1958 a CIGRE şi care a fost primit cu deosebit interes de cercurile de specialişti.

Ultimele două capitole ale celui de-al doilea volum al cărţii sînt dedicate anclanşării automate a alimentării de rezervă (AAR) şi reanclanşării automate rapide (RAR) a liniilor de energie.

În legătură cu aceste capitole este de subliniat calculul simplificat al autopornirii motoarelor asincrone care de asemenea este opera personală a autorului.

În afara celor mai interesante şi mai importante aspecte care au fost scoase în evidenţă mai sus, întreg materialul cuprins în volum a fost filtrat, prelucrat şi omogenizat de autor în aşa fel, încît cu toată marea varietate şi diversitate a problemelor tratate, lucrarea se caracterizează printr-o omogeneitate perfectă ce poartă puternica amprentă a autorului.

Mai mult poate decît în volumul I, în acest volum se pune în evidenţă intenţia autorului de a trata problemele sub un triplu unghi : aspectul electrotehnic (al comportării maşinilor şi aparatelor electrice) ; aspectul energetic (al sistemului electric privit în ansamblu) şi aspectul automatic (al comportării ca sistem automat).

Această intenţie este cu succes realizată, autorul dovedindu-se un excelent specialist în toate cele trei domenii amintite.

O altă caracteristică a lucrării este nivelul ei atotcuprinzător, autorul ştiind să treacă de la consideraţii teoretice de cel mai înalt nivel pînă la indicaţii practice descriptive dintre cele mai detaliate pentru uzul proiectanţilor sau inginerilor din exploatare.

În concluzie, cel de-al doilea volum al acestei lucrări vine să confirme impresia care s-a degajat încă de la apariţia primului volum şi anume că ea se încadrează printre cărţile care reprezintă fructul unei activităţi globale de ani îndelungaţi şi care sînt suficiente pentru a aduce consacrarea unui nume pe tărîmul ştiinţelor tehnice.

A.C.M.

Lexiconul Tehnic Romîn

O lucrare enciclopedică în domeniul tehnicii şi al ştiinţelor ei de bază

Dezvoltarea economiei noastre naţionale, datorită avîntului industriei, al tehnicii, cere oamenilor muncii să-şi ridice necontenit nivelul profesional, să-şi lărgească continuu sfera de cunoştinţe tehnice, pentru a contribui din plin la creşterea şi perfecţionarea neîntreruptă a producţiei socialiste, pe baza tehnicii celei mai înalte.

Răspunzînd acestei necesităţi şi aplicînd în practică directivele partidului şi guvernului, Editura tehnică a tipărit între anii 1949—1956 prima ediţie a Lexiconului Tehnic Romîn, elaborat de Asociaţia Ştiinţifică a Inginerilor şi Tehnicienilor din Republica Populară Romînă (ASIT).

La realizarea acestei lucrări au contribuit cîteva sute de colaboratori-academicieni, membri corespondenţi ai Academiei R.P.R., doctori în ştiinţe, cadre universitare dintre cele mai calificate, ingineri şi tehnicieni care activează nemijlocit în aproape toate ramurile industriale, laureaţi ai Premiului de Stat etc.

Lexiconul Tehnic Romîn ediţia I a apărut în şapte volume cuprinzînd 48 763 de termeni directori cu toate subdiviziunile lor şi circa 6 500 figuri.

Apariţia numeroaselor ramuri noi de producţie, dezvoltarea rapidă pe care a luat-o tehnica în ultimii ani şi creşterea numărului celor care folosesc tehnica, cît şi precizările făcute în multe domenii ale terminologiei tehnice de către Academia R.P.R. şi Oficiul de Stat pentru Standarde au dus la publicarea noii elaborări a acestei lucrări.

Noua ediţie a Lexiconului Tehnic Romîn este elaborată de un colectiv mai lărgit al ASIT.

Concepută în 16 volume, noua elaborare cuprinde un vast material documentar din 70 de discipline de bază şi va prezenta în circa 10 000 de pagini 70 000 de termeni directori şi aproximativ 17 000 de figuri.

În noua lui formă, Lexiconul reflectă nivelul înalt la care s-a ridicat capacitatea de cercetare, de proiectare şi de producţie din ţara noastră, sub impulsul industrializării socialiste a ţării şi al cuceririlor noi, romîneşti şi mondiale, ale ştiinţei.

Noua ediţie a Lexiconului Tehnic Romîn cuprinde o informare tehnică mai amplă, atît în ceea ce priveşte numărul de termeni trataţi cît şi întinderea şi profunzimea fiecărui text explicativ, bazată pe progresul tehnicii şi al ştiinţei. Numărul de discipline s-a mărit, cuprinzînd ramuri noi ca : Pedologia, Televiziunea, Plasticitatea, Fizica atomică nucleară etc.

S-au introdus mulţi termeni noi, ca : Acoperire, Adaos, Metalurgie, Aerofar, Automatizare, Aeromagnetometrie, Bureză, Calculator electronic etc.

S-a realizat o ordonare mai sistematică a materialului şi o unificare a terminologiei tehnice şi ştiinţifice, de comun acord cu lucrările lexicografice ale Academiei R.P.R. şi cu Oficiul de Stat pentru Standarde.

Aspectul grafic al lucrării a fost schimbat. S-a folosit formatul mare Z5—205/265 mm cu un număr mai mare de semne tipografice pe pagină, cu o ilustraţie bogată şi pe hîrtie velină.

Pînă în prezent au apărut primele opt volume ale noii ediţii a Lexiconului Tehnic Romîn, totalizînd 4 947 de pagini, circa 26 974 de termeni directori, 7 742 de termeni secundari explicaţi în text şi 9 606 de figuri.

Următoarele opt volume (vol. IX—XVI) vor apărea în anii 1961—1964, cuprinzînd literele H—Z, iar preţul fiecărui volum va fi de 100 lei.

Noua elaborare a Lexiconului Tehnic Romîn va intra în tezaurul culturii ca un bun social şi va deveni un îndrumător preţios pentru ingineri, tehnicieni, cercetători, cadre didactice, militari, studenţi şi muncitorii cu un nivel mai ridicat.

СОДЕРЖАНИЕ

*** * *: Сороковая годовщина со дня создания Коммунистической партии Румынии — великий праздник нашего народа.**

ДК 621.311.2. : 621.316.2 : 65.04

Bălan Gh.: **Участие предприятия по рационализации и усовершенствованию энергетических установок (ИРМЕ) в повышении технического уровня эксплуатации и содержания энергетических установок.**

Energetica **9** (1961) № 5, стр. 179—182

ДК 697.34 (498.11)

Voinea M. и *Beldiman M.*: **Первые работы по термификации, выполненные в Бухаресте.**

После краткого изложения экономических преимуществ термофикации представлены, со всех технических точек зрения, характеристики термофикационных сетей, выполненных до настоящего времени в Бухаресте. В специальной главе приводятся элементы замеров, контроля и автоматизации работы сетей, а также испытания и пусковые пробы. Затем обсуждаются схемы подключения потребителей тепла. Последние главы посвящены перспективам развития термофикационных сетей в Бухаресте и предложения по снижению до минимума трудностей по выполнению термофикационных сетей и их стоимости.

Energetica **9** (1961) № 5, стр. 182—191

ДК 621.315.28 : 002

Vicol P., Militaru P., Tencu C. и *Lăzărescu S.*: **Пересечение Дуная подводными кабелями в 110 kv в РНР.**

Подключение энергетической системы Добруджи к энергетической национальной системе вызвало решение некоторых сложных технических вопросов при проектировании и выполнении, особенно необходимостью пересечения Дуная, одной из самых трудных естественных преград в нашей стране. Изложены технико-экономические соображения, которые положены в основу выбора решения по пересечению Дуная подводными кабелями в 110 kv. Далее, представлены проектные и строительные решения, использованные при выполнении этой важной энергетической работы.

Energetica, **9** (1961) № 5, стр. 191—209

С ПРОИЗВОДСТВА

ДК 621.398 : 621.311.22

Kraft M.: **Механическая лопата с дистанционным управлением.**

Energetic9, **9** (1961) № 5, стр. 210—212

ДК 621.316.262.004.64

Verdeş Gh.: **Авария на одной из открытых станчий, вызванная электрическими разрядами.**

Energetica, **9** (1961) № 5, стр. 213

ДК 621.316.262.002

Stoleru B.: **Металлический трансформаторный пункт.**

Energetica, **9** (1961) № 5, стр. 214—216

ДОКУМЕНТАЦИЯ стр. 216—218
РЕЦЕНЗИИ стр. 219

INHALTSVERZEICHNIS

*** * *: Der 40. Jahrestag der Gründung der Kommunistischen Partei Rumäniens — eine prachtvolle Feier unseres Volkes.**

DK 621.34.2 : 621.316.2 : 65.04

Bălan, Gh.: **Der Beitrag des Unternehmens für Rationalisierung und Modernisierung von Energieanlagen IRME-Werke) zur Hebung des technischen Niveaus des Betriebs der Elektrizitätsversorgungsanlagen.**

Energetica **9** (1961) H. 5, S. 179—182

DK 697.34 (498.11)

Voinea, M. und *Beldiman M.*: **Die ersten in Bukarest ausgeführten Fernheizanlagen.**

Es werden die bisher in der Landeshauptstadt ausgeführten städtischen Fernheiznetze, mit besonderer Berücksichtigung der Mess-, Überwachungs- und Automatisierungseinrichturengen und der Anschlusschaltbilder der Wärmeverbrauches beschrieben. Die Verfasser untersuchen schliesslich die Entwicklungsaussichten der Städtischen Fernheizung in Bukarest und machen Vorschläge hinsichtlich Beseitigung bestehender Hindernisse und Herabsetzung der Investitionskosten.

Energetica **9** (1961) H. 5, S. 182—191

DK 621.315.28 : 002

Vicol, P., Militaru, P. Tencu C. und *Lăzărescu S.*: **110 kV- Kabelunterquerung der Donau in Rumänien.**

Der Anschluss des Landesnetzes der Dobrodscha an das Verbundnetz Rumäniens stellte verwickelte Projektierungs- und Ausführungsfragen, insbesondere infolge der erforderlichen Querung der Donau mit 110 kV Hochspannungsleitungen. Es werden die technisch-wirtschaftlichen Berechnungen, welche die Wahl der Lösung mit Unterwasserkabel entschieden, sowie Einzelheiten der Entwurfsarbeiten und der Kabelverlegung angeführt.

Energetica **9** (1961) H. 5, S. 191—209

AUS DEN ELEKTRIZITÄTSVERSORGUNGSBETRIEBEN

DK 621.398 : 621.311.22

Kraft, M.: **Ferngesteuerte mechanische Schaufel**

Energetica, **9** (1961) H. 5 S. 210—212

DK 621.316.262.004.64

Verdeş, Gh.: **Havarie in einer Freiluftschaltanlage infolge Überspannungen**

Energetica, **9** (1961) H. 5 S. 213

DK 621.316.262.002

Stoleru, B.: **Stahlblechgekapselte Trafoanlage**

Energetica, **9** (1961) H. 5 S. 214—216

SCHRIFTTUM, S. 216—218
BUCHBESPRECHUNGEN, S. 219

SOMMAIRE

* * * : **Le 40e anniversaire de la fondation du Parti Ouvrier de Roumanie — une fête grandiose de notre peuple**

CD 621.311.2 : 621.316.2 : 65.04

Bălan Gh. : **La contribution de l'entreprise IRME (L'Entreprise pour la Rationalisation et la Modernisation des Installations Électrotechniques) au relèvement du niveau technique de l'exploitation et de l'entretien des installations énergétiques.**

Energetica **9** (1961) no. 5, p. 179—182

CD 697.34 (498.11)

Voinea M. et *Beldiman M.* : **Les premiers travaux de thermification exécutés dans la ville de Bucarest.**

Après un bref exposé des avantages d'ordre économique de la thermification, les auteurs présentent, sous tous leurs aspects, les caractéristiques des réseaux de thermification exécutés jusqu'à présent dans la ville de Bucarest. Un chapitre à part est consacré aux éléments de mesure, contrôle et automation du fonctionnement de réseaux, ainsi qu'aux essais et aux épreuves de mise en fonction. Les auteurs traitent ensuite des schémas de raccordement des consommateurs de chaleur.

Les derniers chapitres font voir les perspectives de développement des réseaux de thermification de Bucarest et contiennent des propositions dans le but de réduire au minimum les difficultés posées à la réalisation et le coût des réseaux de thermification.

Energetica **9** (1961) no. 5, p. 182—191

CD 621.315.28 : 002

Vicol P., Militaru P., Tencu C. et *Lăzărescu S.* : **La traversée du Danube par des câbles sous-fluviaux de 110 kV dans la République Populaire Roumaine.**

Le raccordement du système énergétique de la Dobroudja au système énergétique national a rendu nécessaire la résolution de certains problèmes techniques complexes touchant à l'établissement de projets et à l'exécution, posés surtout par la nécessité de traverser le Danube, à savoir l'un des plus difficiles obstacles naturels de notre pays. Les auteurs signalent les considérations d'ordre technique-économique qui ont servi de base au choix de la solution de la traversée du Danube par des câbles sous-fluviaux de 110 kV. En continuant, ils présentent les solutions relatives à l'élaboration des projets et à l'éxecution, appliquées à l'accomplissement de cet important ouvrage énergétique.

Energetica **9** (1961) no. 5, p. 191—209

NOUVELLES DE NOS EXPLOITATIONS

CD 621.398 : 621.311.22

Kraft M. : **La pelle mécanique à télécommande**

Energetica **9** (1961) no. 5, p. 210—212

CN 621.316.262.004.64

Verdeș Gh. : **Une avarie dans une station extérieure, provoquée par des décharges électriques.**

Energetica **9** (1961) no. 5, p. 213

CS 621.316.262.002

Stoleru B. : **Un poste de transformation métallique**

Energetica **9** (1961) no. 5, p. 214—216

DOCUMENTATION, p. 216—218

COMPTES-RENDUS p. 219

OMSZ MŰSZAKI KÖNYVTÁR 1883

CONTENTS

* * * : **The 40th aniversary of the foundation of Roumania's Workers'Party — a grand holiday of our people.**

DC 621.311.2 : 621.316.2 : 65.04

Bălan Gh. : **The contribution of the Enterprise for rationalization and modernization of power equipment (I.R.M.E.) in raising the technical level of running and maintenance of power plants.**

Energetica **9** (1961) no. 5, p. 179—182

DC 696.34(498.11)

Voinea M. and *Beldiman M.* : **The first real estate thermification works in Bucharest.**

After briefly pointing out the economic advantages of real estate thermification the authors present all the technical aspects relating to the characteristics of thermification networks built as yet in Bucharest. A separate section is devoted to problems connected with measurement, control and automation of network running. Another section deals with putting into service tests. Coupling schemes of customers are then discussed. The last sections emphasize the development prospects of thermification in Bucharest and include some suggestions meant to minimize the difficulties involved and to cut down the cost of thermification networks.

Energetica **9** (1961) no. 5 p. 182—191

DC 621.315.28 : 002

Vicol P., Militaru P., Tencu C. and *Lăzărescu S.* : **Danube crossing by means of subfluvial cables of 110 kV.**

The coupling of the power system of Dobrodja with the national power system required the solution of complex technical problems in the field of designing and execution. Such problems arose from the necessity of crossing the Danube, which is one of the most difficult natural obstacles in our country. The technical and economic grounds which led to the solution of this problem by means of subfluvial cables of 110 kV are pointed out. Designing and execution solutions adopted to achieve this outstanding work are dealt with in conclusion.

Energetica **9** (1961) no. 5, p. 191—209

WORKING FEATURES

DC 621.398 : 621.311.22

Kraft M. : **Mechanical shovel with remote control**

Energetica **9** (1961) no. 5, p. 210—212

DC 621.316 : 262.004.64

Verdeș Gh. : **Damage caused by electric discharges in an external station.**

Energetica **9** (1961) no. 5, p. 213

DC 621.316.262.002

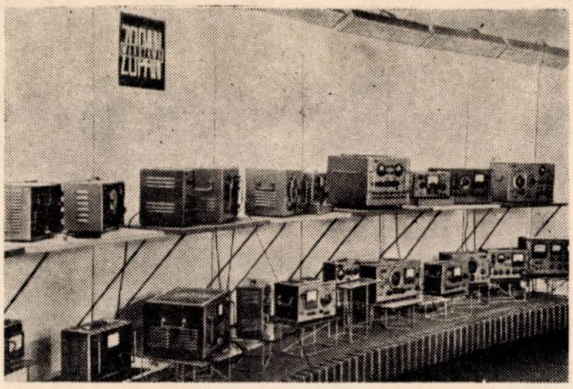
Stoleru B. : **A metallic substation transformer**

Energetica **9** (1961) no. 5, p. 214—216

DOCUMENTATION, p. 216—218

REVIEWS, p. 219

"Elektrim"



oferă:

APARATAJ ELECTRONIC DE MĂSURAT DE FABRICAŢIE POLONEZĂ, PENTRU STUDIEREA MĂRIMILOR ELECTRICE

Construcţie modernă

Realizarea de înaltă precizie

Funcţionarea uşoară şi sigură

Garantarea exploatării

Iată calităţile aparatajului de măsurat exportat de ***Elektrim,*** pentru echiparea laboratoarelor de cercetări ştiinţifice a laboratoarelor industriale şi de exploatare din domeniul următoarelor tehnici:

- HIPERFRECVENŢELOR ÎN BANDA DE LA 0,8 cm LA 20 cm;
- NUCLEARE;
- RADIO-TELEVIZIUNII;
- SEMI-CONDUCTORILOR;
- TRANSMITERILOR LA DISTANŢĂ;
- A ELECTROACUSTICII;
- AUTOMATICII ŞI TELEMECANICII;
- ENERGIEI ELECTRICE;
- ŞI A ALTOR TEHNICI DIN DOMENIILE CONEXE.

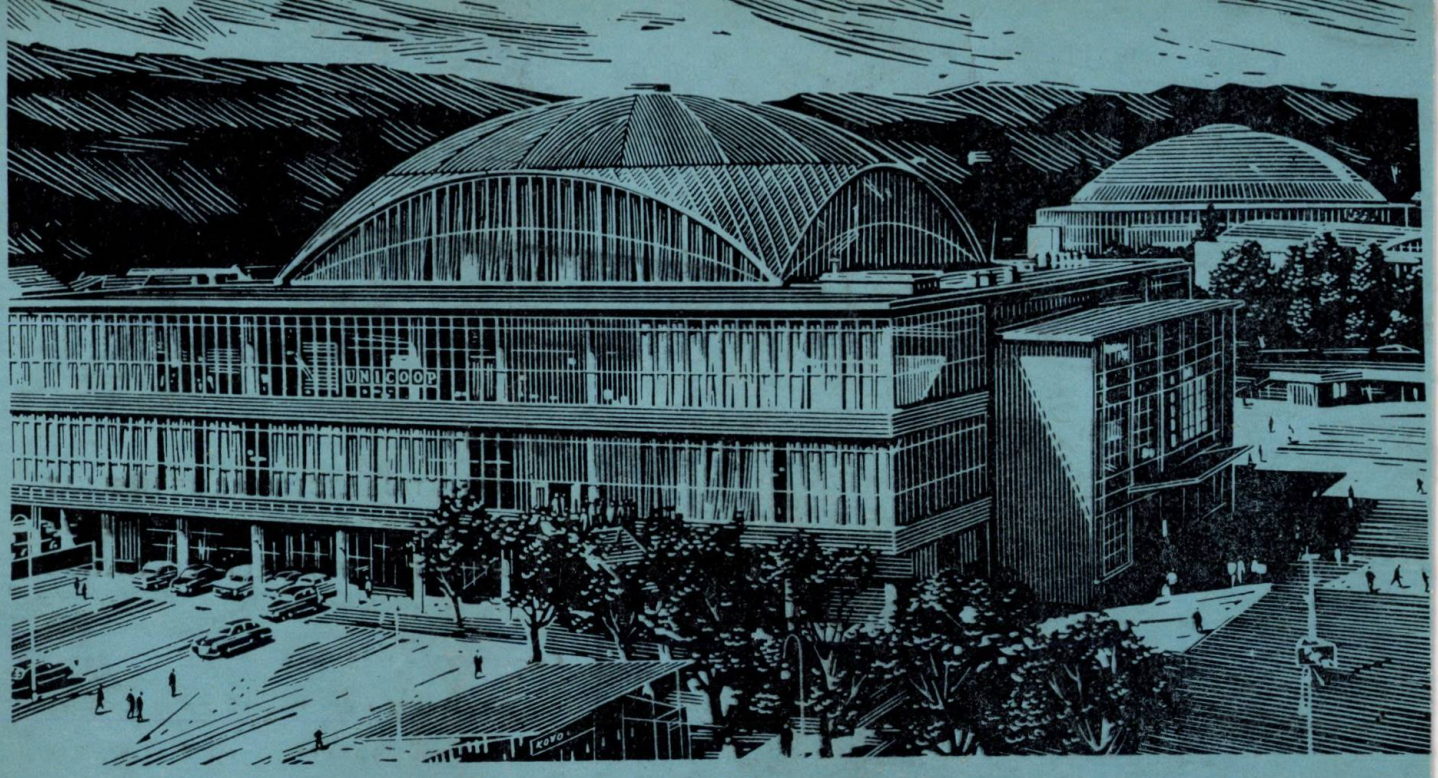
La orice comandă care ne este adresată, trimitem ofertele noastre comerciale cu informaţii tehnice.

Vizitaţi Pavilionul nostru nr. 11 de la cel de-al XXX-lea TÎRG INTERNAŢIONAL DE LA POZNAN din 25 iunie 1961

SOCIETATE POLONEZĂ CU RĂSPUNDERE LIMITATĂ PENTRU COMERŢUL EXTERIOR DE ECHIPAMENT ELECTRIC

"Elektrim"

WARSZAWA 2, Czackiego 15/17 — POLONIA
Adresa Telegrafică: ELEKTRIM — WARSZAWA
Telefon: 6-62-71 Telex. 11405
Căsuţa poştală 145



Cele mai noi construcţii mecanice vor fi expuse la tîrgul internaţional de la BRNO — R. S. Cehoslovacă.

Între 10 şi 24 septembrie 1961 Brno va găzdui o vastă expoziţie a celor mai moderne produse din domeniul construcţiilor de maşini.

Vizitaţi R.S. Cehoslovacă — ţara care prezintă creaţiile muncitorilor şi tehnicienilor din numeroase ţări.

Al IV-lea Tîrg Internaţional de la Brno deschide o perspectivă asupra tehnicii de mîine.

I. P. 2, c. 1824

LEI 5

E 2039

R

KAT

ENERGETICA

REFERALVA

Energetica — Vol. 9 — iunie

6

nr. 6/1961 — p. 221-260 — București

1961

"Elektrim"

vă oferă

un bogat sortiment de aparate de măsură şi control pentru aplicaţii în domeniul tehnicii nucleare :

- Contoare electronice de impulsuri
- Dispozitive de măsurare rapidă
- Dozimetre de buzunar
- Detectoare de radioactivitate de buzunar
- Dozimetre de raze X
- Aparate de măsură pentru contaminări radioactive
- Contoare de scintilaţie
- Cronometre electronice
- Integratoare
- Detectoare de scintilaţie
- Surse de alimentare stabilizate de înaltă tensiune
- Electrometre
- Detectoare cu camere de ionizare
- Selectoare de amplitudine a impulsurilor
- Amplificatoare de impulsuri

şi alte aparate de măsură şi control.

O documentaţie tehnică detaliată şi oferte comerciale vă vor fi trimise la simpla cerere adresată Societăţii noastre

SOCIETATE POLONEZĂ CU RESPONSABILITATE LIMITATĂ PENTRU COMERŢUL EXTERIOR DE ECHIPAMENT ELECTROTEHNIC

"Elektrim"

Varşovia 2, Czacklego 15/17, Polonia
Telefon 6.62.71 ● Telex. 10415
Telegrame: ELEKTRIM — Warszawa
Cutia poştală 254

ENERGETICA

ANUL 9 Nr. 6 IUNIE 1961

CUPRINS

CZ 621.165:697.34.004

Grecu T. şi *Aschendorf A.* : **Utilizarea turbinelor cu vid înrăutăţit pentru termoficare.**

Se analizează în mod detaliat utilizarea turbinelor cu vid înrăutăţit. Se indică calculele şi verificările necesare pentru trecerea turbinelor cu condensaţie pe vid înrăutăţit.

Energetica, **9** (1961) nr. 6, p. 221—228

CZ 662.61 : 662.825.004

Ghia V. V. : **Arderea cu recirculaţie la care aerul necesar arderii se preîncălzeşte, aplicată la cuptoare.**

În articol se propune o metodă de calcul al arderii cu recirculaţie la care se preîncălzeşte aerul folosit la combustie. Pentru a ilustra uşurinţa aplicabilităţii metodei se dă şi un exemplu de calcul pentru cazul unui cuptor de normalizare.

Energetica, **9** (1961) nr. 6, p. 228—236

CZ 620.93.001

Florescu A. : **Asupra anumitor forme noi de transformare directă a energiei termice, chimice şi nucleare în energie electrică. De la bateria solară la magnetohidrodinamică.**

În ultimul timp s-au dezvoltat sau sînt pe cale de dezvoltare noi metode industriale de producere a energiei electrice. Tendinţei către o transformare directă a anumitor forme de energie chimică, calorică şi nucleară în energie electrică îi corespund respectiv, bateria de combustibil, pilele termoelectrice, bateria solară, generatorul termoionic şi generatorul magnetohidrodinamic.

Energetica, **9** (1961) nr. 6, p. 237—241

CZ 621.187.12.004

Stanislavievici I. : **Demineralizarea totală a apei. Principiile controlului în exploatare.**

În articol se prezintă modul de funcţionare a filtrelor cationice şi anionice din instalaţiile de demineralizare şi se dau indicaţii asupra indicilor chimici ce trebuie controlaţi în diferite puncte ale instalaţiei (automat sau manual).

Energetica, **9** (1961) nr. 6, p. 242—245

CZ 621.316.262:621.316.352:001/2

Stoleru B. şi *Tenea O.* : **Utilizarea barelor rigide în staţiile exterioare de 35 kV.**

Energetica, **9** (1961) nr. 6, p. 245—247

DIN EXPLOATARE

CZ 621.316.57:621.315.1.027.3/7.004

Pătraşcu Gh. : **O metodă rapidă de şuntare a întreruptoarelor MKP-110 la liniile aeriene de 110 kV.**

Energetica, **9** (1961) nr. 6, p. 248—249

CZ 621.317.714

Cigusievici M. : **Cleşte ampermetric realizat de IRME.**

Energetica, **9** (1961) nr. 6 p. 249—251

CZ 621.311.22.064.67

Schloter Fr. şi *Gross I.* : **Experimentarea metodei luminiscenţei pentru detectarea neetanşeităţilor la condensatoarele turbinelor cu abur din CTE Grozăveşti.**

Energetica, **9** (1961) nr. 6 p. 251—252

RECENZII

CZ 621.311.1(083.13)(498)

Rădulescu V. : **M.I.G. — D.G.E.E. : Prescripţii de exploatare tehnică a centralelor şi reţelelor electrice. Ediţia a II, 1960.**

Energetica **9** (1961) nr. 6, p. 252—253

DOCUMENTARE, 254

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. ing. **I. D. STĂNCESCU**, redactor responsabil, conf. ing. **C. MIHAILEANU**, redactor responsabil adjunct, conf. ing. **I. A. BADEA**, prof. ing. **M. BERCOVICI**, membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, ing. **M. COGĂLNICEANU**, conf. ing. **E. CONSTANTINESCU**, ing. **P. DIMO**, laureat al premiului de Stat, prof. ing. **C. DINCULESCU**, membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. **I. V. HERESCU**, conf. ing. **N. MOLDOVEANU**, prof. ing. **C. PENESCU**, ing. **T. POPA**, ing. **S. SĂNDULESCU** și ing. **P. VICOL**

Revista **„ENERGETICA"**, organ al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. și al Ministerului Industriei Minelor și Energiei Electrice. Redacția și administrația: București, Str. Ion Ghica Nr. 3 Raion Tudor Vladimirescu, Telefon 14.15.95—14.06.24. Revista este editată de A.S.I.T. — Abonamentele se primesc la administrația revistei, la sediul filialelor A.S.I.T. din întreaga țară și prin responsabilii cu presa din cercurile A.S.I.T. — Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinete tehnice în contul nostru de virament: Publicațiile Tehnice A.S.I.T. 070124 B.R.P.R. Filiala I. V. Stalin — București — Tarif pentru întreprinderi: lei 100 anual. Tarif pentru muncitori, tehnicieni și ingineri: lei 30 anual — Prețul unui exemplar: lei 5 — Tiparul: Intreprinderea Poligrafică Nr. 2, București, c. 1906

ENERGETICA

ANUL 9
1961
Nr. 6
IUNIE

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.
ŞI AL MINISTERULUI MINELOR ŞI ENERGIEI ELECTRICE

Lejardina
560 Eu/62.

Utilizarea turbinelor cu vid înrăutăţit pentru termoficare

Conf. ing. *T. GRECU* şi asist. ing. *A. ASCHENDORF*

În raportul prezentat de tov. Gh. Gheorghiu-Dej la cel de al III-lea Congres al Partidului Muncitoresc Romîn se arată că „*trebuie acordată o deosebită atenţie îmbunătăţirii randamentului cu care se folosesc combustibilii, ... astfel încît consumurile specifice de combustibil să scadă în cursul planului de 6 ani în medie cu 19%*". Tot în raport se arată că concentrarea marilor consumatori de căldură şi energie în jurul centralelor de termoficare va permite ca în anul 1965 să se realizeze în ţară o economie de 3 milioane tone de combustibil convenţional, în valoare de cca. 500 milioane lei.

Pe această linie se încadrează studierea şi realizarea termoficării în ţara noastră.

I. TURBINE CU VID ÎNRĂUTĂŢIT

Centralele de termoficare sînt echipate în genere cu turbine special construite şi cazane noi care însă necesită investiţii importante.

În centralele orăşeneşti există însă grupuri vechi cu condensaţie care lucrează cu un randament scăzut. Prin intrarea în funcţiune a centralelor noi, grupurile vechi îşi pierd importanţa pentru producerea de energie electrică, ele putînd fi adoptate pentru termoficare. Aceasta se face prin trecerea turbinei de la funcţionarea cu vid înaintat (0,04 ... 0,08 ata) la funcţionarea cu vid redus ($p_c = 0{,}7 \ldots$ ... 0,9 ata) sau chiar cu o uşoară contrapresiune şi alimentarea acestora din cazanele existente.

Turbinele astfel modificate se numesc *turbine cu vid înrăutăţit*. Această soluţie permite realizarea termoficării cu investiţii mai mici.

I.1. Efectele înrăutăţirii vidului asupra funcţionării turbinei

I.1.1. *Procesul termic al turbinei*. Creşterea preşiunii de la evacuare are ca efecte:

I.1.1.1. Scade căderea adiabatică H_{ad}, prelucrată în turbină.

I.1.1.2. Debitul maxim de abur ce poate fi primit de turbină este în general puţin afectat şi anume:

— la turbinele cu roată de reglaj Curtis, debitul nu se modifică, întrucît roata Curtis are ajutaje convergent-divergente, al căror debit nu este influenţat de presiunea de ieşire:

— la turbinele fără roată de reglaj şi cu un număr mare de trepte, se folosesc ajutaje convergente, al căror debit este afectat de presiunea de ieşire. Debitul de abur variază după relaţia lui Stodola:

$$G_s^1 = G_s \sqrt{\frac{T_0}{T_0'} \cdot \frac{p_0'^2 - p_c'^2}{p_c^2 - p_c^2}} \qquad (1)$$

Practic $T_0 \simeq T_0'$ $p_c \cong 0$; $p_0 \simeq p_0'$ deci:

$$G_s' \cong G_s \sqrt{1 - \left(\frac{p_c}{p_0}\right)^2} \qquad (2)$$

Debitul scade la creşterea presiunii finale p_c, însă scăderea este foarte mică, căci $p_c' < p_0$.

I.1.1.3. Puterea maximă a turbinei, dată de relaţia

$$N_e = 4{,}18\ G_s H_{ad} \cdot \eta_e\ [\mathrm{kW}] \qquad (3)$$

scade sensibil la creşterea lui p_c, din cauză că se micşorează mult H_{ad} şi η_e şi, într-o măsură mai mică, G_s.

Practic, temperatura finală se măreşte la 75—85°C, respectiv presiunea de evacuare atinge 0,4—0,6 ata (vid 60—40%). Pentru aceste valori, puterea maximă a turbinei scade la 60—50%.

I.1.1.4. Procesul intern şi randamentul se modifică sensibil la ultimele trepte şi anume la acele trepte care lucrau normal în zona de presiuni la care s-a renunţat. Aceste trepte nu mai produc energie, ci devin consumatoare de energie, ceea ce conduce la scăderea randamentului general al turbinei.

Se consideră, de exemplu, ultima treaptă a turbinei:

— mărind presiunea p_c, scade volumul specific al aburului;

MŰSZAKI KÖNYVTÁR ORSZÁGOS 1883

— în conformitate cu ecuația continuității, scade viteza de curgere a aburului, de exemplu la ieșirea din ajutaj :

$$C_1 = \frac{G_s v_1}{S_1} < C_{1.0} \qquad (4)$$

— construind diagrama de viteze (fig. 1) se constată că viteza relativă la intrarea în palete

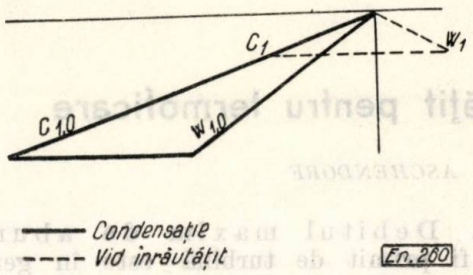


Fig. 1

w_1 devine aproape normală la suprafața paletelor, producînd o pierdere considerabilă prin șocul la intrare.

Viteza w_1 poate fi descompusă (fig. 2) într-o componentă w_{1p} tangentă la suprafața paletei și o componentă w_{1n} normală la suprafață ; prin șocul plastic cu paleta, energia cinetică $\frac{w_{1n}^2}{8380}$ (kcal/kg) se pierde. La rîndul ei, w_{1n} se poate descompune într-o componentă axială și una tangențială w_t, care fiind dirijată în sens opus mișcării, produce frînarea rotorului. Astfel, pierderea la intrare este suma dintre energia pierdută prin șoc și energia consumată pentru a învinge frecarea :

$$\Delta h = \frac{w_{1n}^2 + w_t^2}{8380} = \frac{w_{1n}^2}{8380}(1 + \sin^2\beta_{1p}) \text{ [kcal/kg]} \quad [5]$$

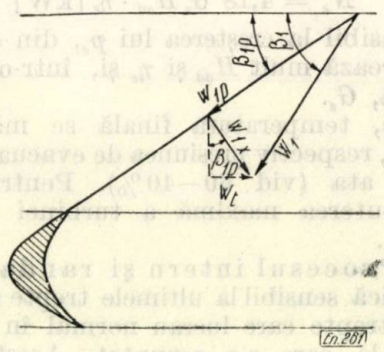


Fig. 2

— creșterea presiunii p_c și deci a densității aburului conduce în plus la o creștere a pierderilor prin frecare. Acestea reprezintă doar 5 ... 10% din pierderile în palete, fiind deci fără importanță ;

— scăderea vitezei la ieșirea din ajutaje conduce pe de altă parte la scăderea pronunțată a căderii adiabatice h_a prelucrate în ajutaje :

$$h_a = \frac{C_1^2}{8380\varphi^2} - h_0 \qquad (6)$$

Se ajunge astfel ca pierderile treptei să fie mult mai mari decît căderea prelucrată în treaptă, deci treapta devine consumatoare de energie. Randamentul treptei devine negativ, atingînd valori de −10 ... −20%. Evident, aceste pierderi conduc la o încălzire a aburului la ieșirea din turbină, ajungîndu-se la temperaturi de cca. 170°C, pentru p_c=1, 1 ... 1,3 ata ;

— în palete apare o reacțiune, chiar la treptele care lucrau obișnuit cu acțiune. Aburul intră cu o viteză w_{1p} foarte mică (fig. 1). Pentru a putea curge printre palete, aburul trebuie să-și mărească viteza de curgere, respectiv să se destindă. Astfel rotorul va fi supus unei forțe axiale, lucru supărător mai

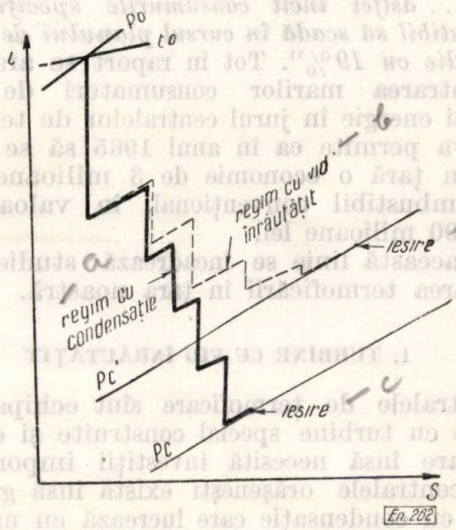


Fig. 3

ales la turbinele cu acțiune, căci ele nu sînt construite pentru a suporta forțe axiale.

În concluzie, ultimele trepte prelucrează căderi adiabatice foarte mici, apărînd și reacțiune. Ele au pierderi mari la intrarea în palete, ceea ce face să aibă randamente foarte slabe.

În fig. 3 s-a reprezentat în diagrama *i-s* procesul din turbină lucrînd cu condensație și cu vid înrăutățit.

Deoarece ultimele trepte prelucrează căderi adiabatice mici, creșterea presiunii p_c se transmite numai la cîteva trepte de la sfîrșit, roata de reglaj nefiind de loc afectată.

Treptele care lucrează în zona de presiuni la care se renunță sînt afectate de modificarea presiunii p_c, deoarece se schimbă volumul specific al aburului. Cu cît turbina are mai multe trepte în această zonă, randamentul general al turbinei va suferi mai mult. De aceea

sînt indicate pentru transformarea pe vid înrăutățit turbinele cu trepte puține în zona de joasă presiune (trepte cu acțiune, diametre mari). Funcționarea defectuoasă a ultimelor trepte conduce la o scădere sensibilă a randamentului intern al turbinei. De exemplu o turbină LMZ de 3000 kW care funcționînd cu $p_c = 0{,}04 \ldots 0{,}07$ ata avea un randament intern $\eta_i = 67\,\%$, trecînd la vid înrăutățit, $p_c = 1{,}2 \ldots 1{,}3$ ata, are un randament intern $\eta_i = 42\,\%$.

Se poate utiliza formula:

$$\eta_{vid\ înrăutățit} = \eta_{normal}\,(1{,}036 - 0{,}36\,p_c) \qquad (7)$$

Pentru a mări randamentul la vid înrăutățit, se pot suprima ultimele trepte ale turbinei.

În acest caz, randamentul turbinei de 3000 kW a devenit 56 % pentru $p_c = 0{,}8$ ata, realizîndu-se un spor relativ de 14,3 %. Temperatura finală scade în același caz de la 170°C la 120°C, din cauza reducerii pierderilor.

Suprimarea ultimelor trepte se poate folosi numai la acele turbine care vor lucra definitiv și continuu pe vid înrăutățit. În cazul turbinelor care continuă vara să lucreze cu condensație, nu trebuie suprimate ultimele trepte, căci altfel ultimele trepte rămase trebuie să prelucreze și căderea aferentă treptelor scoase, suferind supraîncărcări periculoase.

În U.R.S.S., pentru turbinele foarte mari, executate în mai multe corpuri, se practică trecerea la vid înrăutățit numai iarna, scoțîndu-se rotorul corpului de joasă presiune și înlocuindu-l cu un arbore fals.

I.2 Efectele înrăutățirii vidului asupra construcției turbinei

Înrăutățirea vidului a adus cu sine creșterea temperaturii în partea finală a turbinei și apariția unei reacțiuni în ultimele trepte, de aci naștrerea unei forțe axiale asupra rotorului.

I.2.1. *Paletele-turbinelor* vechi sînt adesea construite din alamă, a cărei rezistență scade sensibil la peste 200°C. Va trebui să se verifice temperatura la care vor lucra ele în noile condiții și în cazul cînd este mai mare de 200°C, vor trebui înlocuite cu palete din oțel aliat.

I.2.2. *Diafragmele* ultimelor trepte sînt de obicei turnate din fontă. La temperaturi peste 160°C, apare fenomenul de creștere a fontei, care poate duce la crăparea diafragmelor și a carcasei. Va trebui să se cunoască materialul din care sînt confecționate diafragmele, regimul de temperaturi la care vor funcționa atît ele cît și carcasa. Temperaturile admisibile sînt: 160—200°C la carcase vechi din fontă obișnuită; 220°C la carcasele și diafragmele executate din fontă după 1930; 250°C la cele din fontă perlitică (cu puțin Si și cu mult Mn).

În cazul cînd se depășește temperatura admisibilă, se va coborî presiunea p_c sau eventual se va recurge la răcirea aburului prin pulverizare de condensat.

I.2.3. *Modificarea condițiilor de montaj.* Creșterea temperaturii ultimei părți conduce la o

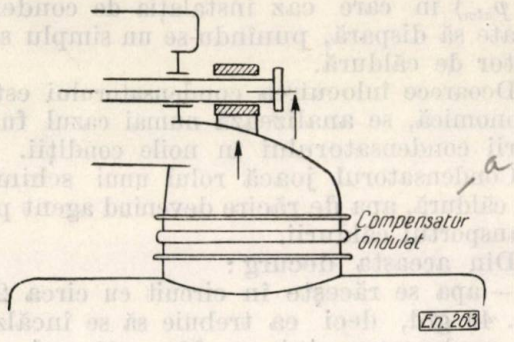


Fig. 4

mărire a dilatației totale a turbinei. Trebuie să se verifice dacă picioarele carcasei și lagărul au posibilitatea de deplasare pe placa de bază.

Lagărul posterior al turbinei este de obicei turnat dintr-o bucată cu carcasa. Creșterea temperaturii în partea finală va aduce o oarecare încălzire a acestui lagăr, fiind necesar eventual să se mărească debitul de ulei al lui. Corpul lagărului se dilată, ridicîndu-se puțin. De asemenea se ridică puțin și carcasa, din cauza creșterii presiunii finale.

Este necesar să se verifice modificarea jocurilor din labirinții ultimei părți și descentrarea rotorului turbinei, față de rotorul generatorului.

În cazul cînd legătura dintre turbină și condensator se face printr-o presetupă hidraulică, creșterea temperaturii finale conduce la o vaporizare excesivă a apei și deci la dificultăți de exploatare Este indicată de aceea înlocuirea presetupei printr-un compensator de dilatații ondulat (fig. 4).

I.2.4. *Reacțiunea* de la ultimele trepte poate conduce la o supraîncărcare a lagărului axial. Este necesar să se calculeze forța axială și în cazul că se depășește valoarea admisibilă se va încerca reducerea forței axiale prin găuri de echilibrare în discurile ultimelor trepte. Deoarece aceste găuri afectează rezistența discurilor, ele se vor executa numai cu avizul fabricii constructoare.

În general, efectele înrăutățirii vidului asupra construcției turbinei sînt de importanță minimă și în majoritatea cazurilor verificările făcute arată că turbina poate lucra fără modificări constructive.

I.3. Comportarea instalației de condensat în condițiile vidului înrăutățit

I.3.1. Prin înrăutățirea vidului se modifică condițiile de funcționare ale condensatorului. Pot apărea două cazuri :

— turbina lucrînd *cu vid redus* ($p_c \leqslant p_{atm}$), instalația de condensație continuă să funcționeze însă în condiții mult diferite ;

— turbina lucrînd *cu contrapresiune* ($p_c > p_{atm}$) în care caz instalația de condensație poate să dispară, punîndu-se un simplu schimbător de căldură.

Deoarece înlocuirea condensatorului este neeconomică, se analizează numai cazul funcționării condensatorului în noile condiții.

Condensatorul joacă rolul unui schimbător de căldură, apa de răcire devenind agent pentru transportul căldurii.

Din aceasta decurg :

— apa se răcește în circuit cu circa 20 ... ... 40 grd, deci ea trebuie să se încălzească în condensator tot cu 20 ... 40 grd, adică de 2—4 ori față de cazul normal

— debitul de apă va scădea în schimb la 1/2 ... 1/4, ceea ce conduce la micșorarea vitezei apei prin țevi și deci la înrăutățirea transmisiei de căldură

— de aci rezultă creșterea diferenței de temperatură între abur și apa de răcire. Se poate determina

$$\Delta t = t_c - t_2 = \frac{7}{31{,}5 + t_1}\left(\frac{G_{abur}}{52} + 7{,}5\right) \qquad (8)$$

Pentru a îmbunătăți transmisia de căldură, se poate recurge la scoaterea unei părți din țevi, mergînd pînă la 25%, deoarece scăzînd secțiunea de trecere a apei, crește viteza.

Creșterea temperaturii apei conduce la intensificarea depunerilor de săruri, de aceea trebuie neapărat epurată. De obicei apa merge în circuit închis, deci trebuie epurată numai apa de adaos.

Temperatura ridicată duce la o dilatare a țevilor condensatorului, însă în cazul în care man-

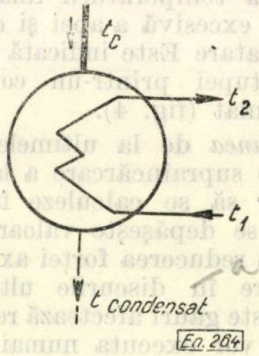


Fig. 5

drinarea țevilor este bine executată, etanșeitatea nu suferă.

Presiunea de lucru a condensatorului crește în partea de abur și mai ales în partea de apă, căci trebuie asigurată o presiune superioară celei atmosferice în toate punctele rețelei. Pompa de circulație poate fi așezată înaintea condensatorului sau după el.

La instalațiile cu condensație, în mod obișnuit se amplasează pompa înaintea condensatorului. Pentru a nu suprima pompa existentă, se poate recurge la montarea unei a doua pompe după condensator.

În cazul cînd presiunea este prea mare, este necesară o verificare a mandrinării și în cazul cînd camerele de apă sînt din fontă, ele se înlocuiesc cu camere de oțel.

I.3.2. *Pompele de aer.* În instalațiile noastre întîlnim în mod curent ejectoare cu abur și uneori ejectoare cu apă.

Ejectoarele cu apă trebuie înlocuite prin ejectoare cu abur, căci apa ar suferi o vaporizare prea intensă, dacă $t_c > 80°C$.

În cazul ejectoarelor cu abur se renunță la prima treaptă a ejectorului, deoarece raportul de compresie este foarte mic. Răcirea ejectorului nu se mai face cu condensat, ci cu apă rece de la o altă sursă.

I.3.3. *Pompele de condensat.* Lucrează normal, însă din cauza temperaturii ridicate a condensatorului, crește temperatura lagărelor.

II. CERCETĂRI PRELIMINARE TRECERII TURBINEI PE VID ÎNRĂUTĂȚIT

Înainte de a trece o turbină oarecare pe vid înrăutățit, trebuie să se studieze prin calcule și să se verifice pe cale experimentală noile condiții de funcționare a turbinei.

II.1. Calculul termic provizoriu cuprinde :

a) Calculul la regimul nominal cu condensație, pentru a verifica valoarea diferiților coeficienți.

b) Calculul la contrapresiune maximă ($p_c \cong \cong 1{,}3$ ata), fără scoaterea ultimelor trepte, pentru a vedea scăderea randamentului și modificarea regimului de temperaturi.

c) Calculul cu vid redus.

— Calculul se efectuează la $p_c = 0{,}9$ ata, în două ipoteze : fără scoaterea ultimelor trepte și cu scoaterea lor.

— Funcționarea cu vid normal a turbinei la care s-au scos ultimele trepte.

În baza datelor obținute, se stabilește cîte trepte vor trebui suprimate în cazul cînd turbina va lucra continuu pe vid înrăutățit. De asemenea rezultă performanțele probabile ale turbinei (N_{max}, η_{max}) precum și datele necesare pentru calculele de rezistență.

Se procedează apoi la verificarea paletelor, diafragmei, carcasei, ținîndu-se seama de materialul din care sînt confecționate diferitele piese și de noul regim de temperaturi. Din aceste calcule rezultă o eventuală limitare a presiunii p_c. Se calculează eforturile axiale stabilindu-se măsurile necesare.

Se face de asemeni calculul dilatațiilor și verificarea jocurilor.

II.2. Verificări experimentale

Dacă prin calcule rezultă că turbina va putea funcționa în noul regim, se trece la o verificare experimentală, urmărind :

— stabilirea randamentului și căderii adiabatice la fiecare treaptă ;

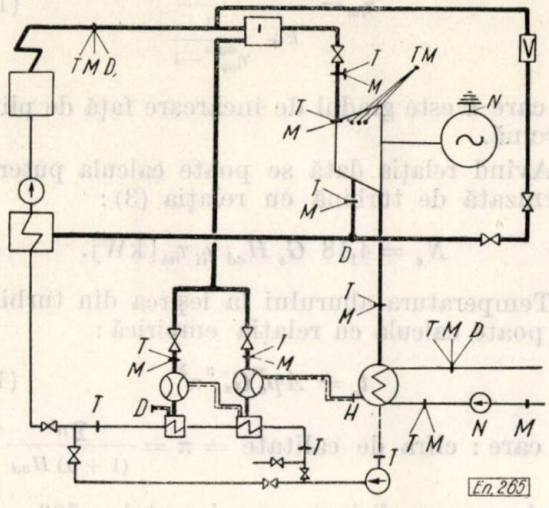


Fig. 6

— scăderea puterii ;

— modificarea jocurilor, încălzirea lagărelor, deplasarea axială a rotorului ;

— comportarea instalației de condensație.

Pentru efectuarea măsurătorilor se folosesc aparatele de măsură indicate schematic în fig. 6, în care s-a notat : T — termometru, M — manometru, D — debitmetru, N — woltmetru, H — indicator de nivel. Pe lîngă aparatele

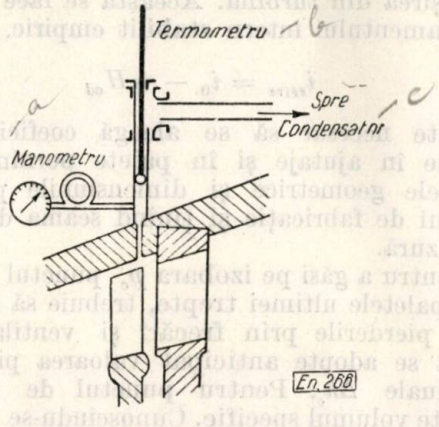


Fig. 7

normale ale turbinei, se măsoară temperatura și presiunea la fiecare treaptă. În acest scop se fac conducte de absorbție la fiecare treaptă ; conductele cu Ø 10 mm sînt legate cu condensatorul, creîndu-se o circulație continuă de abur. La conductă se racordează manometrul chiar la punctul de aspirație și termometrul pe o derivație.

Pentru a realiza înrăutățirea vidului, se micșorează treptat debitul de apă de răcire la condensator, putînd ajunge pînă la o treime din debitul inițial. Dacă apa intră prea rece în condensator, ea poate fi încălzită prin amestecare cu apă caldă care iese din condensator. Funcționarea se face la diferite presiuni de evacuare, mergînd pînă la contrapresiunea maximă și lucrînd cu debitul maxim.

II.3. Calcule termice definitive

Prin confruntarea între calculele preliminare și rezultatele experimentale, se pun la punct calculele termice, apoi se fac calcule termice pentru diferite regimuri de funcționare. În baza calculelor rezultă diagrama $N_e = f(G_s, p_c)$ și diagrama $\eta_i = \varphi(G_s, p_c)$. În fig. 8 se dă diagrama $N_e = f(G_s, p_c)$.

Comportarea turbinelor fiind astfel perfect determinată, este util să se stabilească graficul

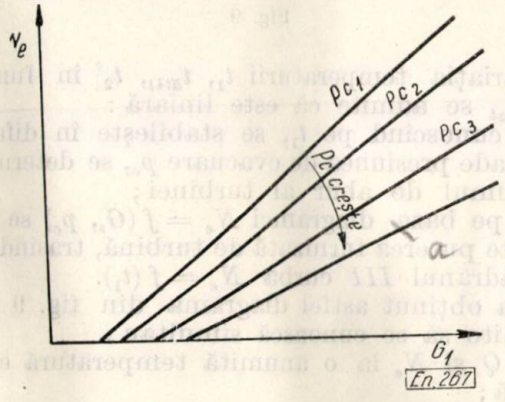


Fig. 8

anual de încărcare termică și electrică a turbinei, care cuprinde mai multe etape :

— se stabilește cantitatea maximă de căldură care se poate folosi la încălzire :

$$Q = G_{max}(i_{ieșire} - t_{condensat}) \qquad (9)$$

— se aleg consumatorii de căldură, în baza debitului de căldură disponibil ; se preferă consumatorii cei mai apropiați și cu un consum de căldură cît mai mare *vara* ;

— în cadranul *I* (fig. 9) se desenează curba de variație a consumului de căldură (în %), în funcție de temperatura exterioară :

$$Q = A + B(t_{int} - t_{ext}) \qquad (10)$$

— cunoscîndu-se variația temperaturii exterioare (în anul mediu) se trasează în cadranul *II* curba consumului de căldură în timp ;

— în cadranul *IV* se trasează curbele de legătură între temperatura exterioară și tem-

peraturile apei de încălzire. Se admite că la cea mai coborîtă temperatură anuală, apa va avea o temperatură t_1 maximă şi se va răci cu circa 20°C în schimbătoarele de căldură, deci :

$$t_{util} = t_1 - 20°$$
$$t_2 = t_{util} - 20° \qquad (11)$$

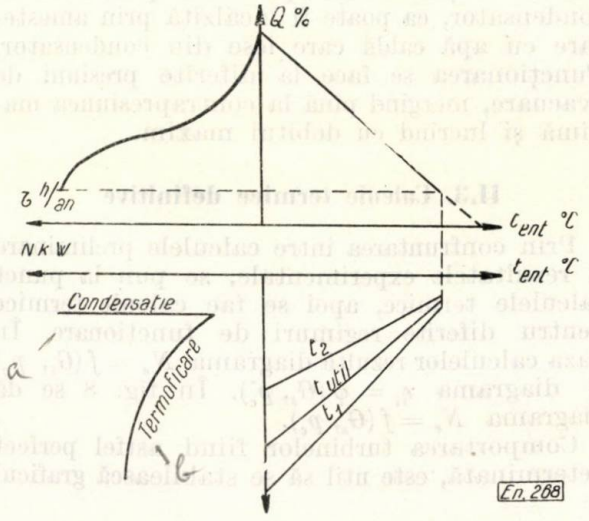


Fig. 9

Variaţia temperaturii t_1, t_{util}, t_2 în funcţie de t_{ext} se admite că este liniară :

— cunoscînd pe t_1, se stabileşte în diferite perioade presiunea de evacuare p_c, se determină consumul de abur al turbinei ;

— pe baza diagramei $N_e = f(G_s, p_c)$ se stabileşte puterea furnizată de turbină, trasîndu-se în cadranul *III* curba $N_e = f(t_1)$.

S-a obţinut astfel diagrama din fig. 9 care permite să se cunoască simultan :

— Q şi N_e la o anumită temperatură exterioară ;

— numărul de ore anual, în care se va lucra cu o anumită putere, permiţîndu-se astfel planificarea producţiei de energie.

III. ÎNDRUMĂRI DE CALCUL

În studiile ce se fac asupra turbinei, apare în repetate rînduri problema calculului turbinei în noul regim, de aceea se consideră că este necesar a se da cîteva indicaţii asupra întocmirii calculelor :

III.1. Stabilirea datelor principale

Căderea adiabatică rezultă din diagrama *i-s*. Debitul de abur se consideră :

— egal cu cel din regimul de condensaţie în cazul turbinei cu roată de reglaj Curtis

— pentru turbinele fără roată Curtis, rezultă din relaţia (2) :

$$G_s' = G_s \sqrt{1 - \left(\frac{p_c}{p_0}\right)^2}$$

Randamentul intern variază după relaţia (7) :

$$\eta_{vid\ înrăutăţit} = \eta_{normal}\,(1{,}036 - 0{,}36\,p_c)$$

Randamentul mecanic la sarcină nominală :

$$\eta_m^{nom} = 0{,}992 - \frac{20}{N_{nom}} \qquad (12)$$

Pentru sarcină redusă se ia :

$$\eta_m = \frac{k}{k + \dfrac{1}{\eta_m^{nom} - 1}} \qquad (13)$$

în care k este gradul de încărcare faţă de plină sarcină.

Avînd relaţia dată se poate calcula puterea furnizată de turbină cu relaţia (3) :

$$N_e = 4{,}18\ G_s H_{ad}\ \eta_i \eta_m\ [\text{kW}].$$

Temperatura aburului la ieşirea din turbină se poate calcula cu relaţia empirică :

$$t_c = A p_c^m G_s^{-n} \pi^k \qquad (14)$$

în care : cifra de calitate $= \pi = \dfrac{\Sigma n^2}{(1+\alpha)\,H_{ad}}$ (14a)

A = un coeficient experimental $\simeq 790$

$m = 1/2$; $n = 0{,}2$; $k = 0{,}24$; p_c în ata

G_s = cota parte din debitul nominal de abur trecut în condensator.

III.2. Calculul treptelor

Pentru recalcularea turbinei se foloseşte ecuaţia continuităţii.

Calculul începe cu ultima treaptă în care scop trebuie determinată iniţial starea aburului la ieşirea din turbină. Aceasta se face pe baza randamentului intern stabilit empiric.

$$i_{ieşire} = i_0 - \eta_i H_{ad} \qquad (15)$$

Este necesar să se aleagă coeficienţii de viteze în ajutaje şi în palete pornind de la formele geometrice şi dimensiunile paletelor, modul de fabricaţie şi ţinînd seama de gradul de uzură.

Pentru a găsi pe izobara p_c punctul de ieşire din paletele ultimei trepte, trebuie să se calculeze pierderile prin frecări şi ventilaţii Δh_{fv} şi să se adopte anticipat valoarea pierderilor reziduale Δh_c. Pentru punctul de ieşire se citeşte volumul specific. Cunoscîndu-se volumul specific şi dimensiunile geometrice ale paletelor, din ecuaţia continuităţii se determină viteza reală relativă la ieşirea din palete :

$$w_2 = \frac{G_s' v_2}{F_2} \qquad (16)$$

respectiv cea teoretică

$$w_{2t} = \frac{w_2}{\psi} \tag{17}$$

Se poate construi triunghiul de viteze la ieşirea din palete rezultînd valoarea exactă a vitezei C_2 şi deci a energiei reziduale :

$$\Delta h_c = \frac{C_2^2}{8380} \tag{18}$$

Alegînd din nou anticipat pierderile din palete şi căderea adiabatică din palete, se determină starea aburului la ieşirea din ajutaj, respectiv volumul specific v_1. Aplicînd şi aici legea continuităţii, rezultă viteza la ieşire din ajutaj : $C_1 = \frac{G' v_1}{F_1}$. Din triunghiul de viteze rezultă şi viteza w_1 şi se poate calcula pierderea în palete prin şocul la intrare şi frecare :

$$\Delta h_p = \frac{(1+\sin^2\beta_{1p})\, w_{1n}^2 + (1-\psi^2) w_{2p}^2}{8380} \text{ [kcal/kg]} \tag{19}$$

— căderea în ajutaje :

$$h_a = \frac{1}{8380}\left(\frac{C_1^2}{\varphi^2} - C_0^2\right) \text{ [kcal /kg]} \tag{20}$$

— căderea în palete :

$$h_p = \frac{1}{8380}\left(\frac{w_2^2}{\psi^2} - w_{1p}^2\right) \text{ [kcal/kg]} \tag{21}$$

— pierderea în ajutaje :

$$\Delta h_a = (1-\varphi^2)\left(h_a + \frac{C_0^2}{8380}\right) \text{ [kcal/kg]} \tag{22}$$

Cunoscîndu-se căderea în ajutaje, se poate determina starea aburului la intrarea în treaptă.

III.3. Calcule de rezistenţă

Se fac următoarele verificări :

— *verificarea paletelor* la efortul total produs de încovoierea şi forţa centrifugă ; $\sigma_{total} <$ < 1000 kg/cm² la palete de oţel şi 500 kg/cm² la cele de alamă ;

— *verificarea diafragmelor* la încovoiere, trebuind ca :

250 kg/cm² la fontă obişnuită
500 „ „ „ „ perlitică
600 „ „ „ oţel turnat

iar săgeata mai mică decît jumătatea jocului minim dintre diafragme şi disc ;

— *calcularea efortului axial* şi verificarea lagărului axial :

— calculul dilataţiilor şi al modificării jocului.

III.4. Verificarea condensatorului

Calculul va cuprinde :

— calculul cantităţii de căldură maxime :

$$Q_{max} = G_h^{max} (i_{ieşire} - t_{condensat}) \text{ kcal/h} \tag{23}$$

în care :

G_h = debitul orar de abur maxim ;

$t_{condensat}$ este cu 20 ... 25 grd mai mic decît temperatura de saturaţie la presiunea respectivă, adică se admit subrăciri foarte mari ;

— calculul debitului de apă necesar :

$$G_{apă} = \frac{Q_{max}}{t_2 - t_1} \tag{24}$$

unde $t_2 - t_1 \simeq 30 \ldots 40$ grd, în funcţie de reţeaua de termoficare ;

— calculul vitezei w a apei prin ţevi :

$$w = \frac{G_{apă} \cdot v}{z \frac{\pi d_i^2}{4}} \tag{25}$$

unde $v \cong 10^{-3}$ m³/kg ;

z = numărul de ţevi dintr-un circuit ;

— calculul coeficientului de transmisie al căldurii, putîndu-se folosi relaţia empirică :

$$k = \frac{2820 + 34{,}2\, t}{0{,}41 + 0{,}005\, t + \frac{1}{0{,}75\, w + 0{,}25}} \tag{26}$$

în care $t = \frac{t_1 + t_2}{2}$, temperatura medie a apei încă necunoscută (se apreciază).

În funcţie de diametrul ţevii, coeficientul se multiplică cu următorii factori de corecţie :

d_i^{nom}	14	18	22	26	30 mm
corecţia =	1,097	1,040	1,00	0,777	0,741

— calculul diferenţei de temperatură dintre abur şi apă caldă :

$$\Delta t = t_c - t_2 = \frac{Q}{Sk} - 0{,}5\,(t_2 - t_1) \tag{27}$$

în care suprafaţa de răcire $S = z_{total}\, \pi d L$ (28)

Rezultă astfel temperatura t_2, putîndu-se eventual reface calculul arătat pentru diferite valori ale numărului de ţevi z. Situaţia optimă este aceea care conduce la un z minim.

Concluzii

Trecerea turbinelor mici din centralele comunale la regimul de vid înrăutăţit este posibilă tehnic şi prezintă avantaje considerabile ca :

— investiţii minime pentru utilajul din centrale ;

— posibilitatea de a folosi turbina şi cînd nu se cere căldură, ceea ce la turbinele cu contrapresiune nu se poate realiza.

Acest ultim avantaj a făcut ca în U.R.S.S., R.P.U., etc să se construiască chiar turbine speciale pentru a lucra cu vid înrăutăţit. Aceste turbine se construiesc cu o priză reglabilă şi cu un număr foarte mic de trepte după priză, pentru ca randamentul să scadă puţin la regimul cu vid înrăutăţit.

În ţara noastră există un număr de centrale orăşăneşti vechi cu parametri coborîţi, de ex. la Arad, Timişoara, Galaţi, Brăila etc. care ar putea fi folosite pentru încălzirea urbană, trecîndu-le la regim de termoficare. De asemeni în unele centrale industriale, ca de ex. la Griviţa Roşie, există turbine vechi în două corpuri. S-ar putea înlocui rotorul de joasă presiune printr-un arbore fals, transformîndu-le în turbine cu contrapresiune, ceea ce ar soluţiona şi problema apei de răcire pentru aceste centrale.

Notaţiile utilizate

C_1 — viteza aburului la ieşirea din ajutaje (m/s)
G_1 — debitul de abur pe secundă (kg/s)
H_{ad} — căderea adiabatică (kcal/kg)
h_a — căderea adiabatică în ajutaje (kcal/kg)
h_0 — energia cinetică la intrare în ajutaje (kcal/kg)
i — entalpia (kcal/kg)
p_0 — presiunea iniţială a aburului (ata)
p_c presiunea aburului la evacuare (ata)
Q — cantitatea de căldură orară utilizată în încălzire (kcal/kg)
T_0, t_0 — temperatura iniţială a aburului în (°K), (°C).
t_1, t_2 — temperatura apei de răcire la intrarea, respectiv la ieşirea din condensator (°C)
v — viteza periferică (m/s)
w_1 — viteza relativă a aburului la intrarea în palete (m/s)
w_2 — viteza relativă a aburului la ieşirea din palete (m/s)
η — randament
η_e — randament efectiv
η_m — randament mecanic
η_i — randament intern
φ — coeficient de pierderi în ajutaje
ψ — coeficient de pierderi în palete

Arderea cu recirculaţie, la care aerul necesar arderii se preîncălzeşte, aplicată la cuptoare

Ing. *GHIA V. VICTOR*

1. Prezentarea problemei recirculaţiei gazelor de ardere

1.1. *Generalităţi.* Arderea combustibililor în cuptoare se face în majoritatea cazurilor cu un exces de aer. Acesta este necesar în primul rînd pentru a se asigura o ardere cît mai completă, deoarece din cauza amestecului imperfect dintre combustibil şi aer, arderea nu decurge în bune condiţiuni cu cantitatea teoretică de aer.

În multe cazuri procesul tehnologic cere o temperatură de ardere mai mică decît temperatura care se realizează în focar în condiţiile unei arderi complete.

Pentru a coborî temperatura gazelor de ardere pînă la valoarea dorită este necesară introducerea în focar a unei cantităţi suplimentare de aer.

Astfel un număr mare de cuptoare lucrează cu un exces de aer mai mare decît excesul care duce la o ardere completă. Această metodă de a conduce arderea, numită în cele ce urmează „ardere obişnuită"* antrenează pierderi, deoarece temperatura de evacuare din cuptor a gazelor de ardere este mai mare decît temperatura aerului de răcire ; ca atare aerul de răcire elimină din instalaţie o cantitate de căldură proporţională cu diferenţa de entalpie între temperatura la care este evacuat şi temperatura la care este introdus în instalaţie.

Pierderile prin aerul de răcire se măresc odată cu creşterea acestei diferenţe de temperatură, precum şi cu creşterea diferenţei între temperatura teoretică de ardere şi temperatura ce trebuie realizată în focar.

Reducerea temperaturii din focar pînă la valoarea dorită se mai poate face prin înlocuirea aerului de răcire cu gaze de ardere, fapt posibil deoarece temperatura gazelor de ardere care părăsesc instalaţia este mai mică decît temperatura din focar.

Această metodă, constînd în readucerea în focar a unei cantităţi din produsele de ardere evacuate, este numită ardere cu recirculaţie [1]

Admiţînd că temperatura la care sînt introduse gazele în focar este egală* cu temperatura la care sînt evacuate din instalaţie, se elimină pierderile de căldură menţionate anterior. Astfel întreaga cantitate de căldură absorbită prin încălzire în focar este cedată spaţiului de lucru al cuptorului [2]. Consecinţa directă va fi reducerea consumului de combustibil.

Folosirea arderii cu recirculaţie mai prezintă şi alte avantaje, ca :

— nivelarea temperaturii în spaţiul de lucru, la cuptoarele la care este necesară o încălzire uniformă a materialului ;

— eliminarea variaţiilor şi vîrfurilor de temperatură, ambele dăunătoare construcţiei interioare a cuptorului ;

— activarea transmiterii de căldură de către produsul tehnologic, deoarece pe de o parte gazele de ardere prin creşterea conţinutului procentual de CO_2 şi H_2O au o compoziţie chimică favorabilă în acest sens, iar pe de altă

* În cazul arderii obişnuite, combustibilul şi aerul folosit la ardere se introduc în focar avînd temperatura mediului ambiant.

* Se consideră neglijabile pierderilor de căldură de la recirculate către mediul ambiant, pe traseul de recirculare.

parte viteza de scurgere a gazelor în instalație este mărită din cauza sporirii debitului lor.

Combustibilii cu care sînt alimentate cuptoarele la care se aplică recirculația gazelor de ardere sînt de natură gazoasă, lichidă și mai rar solidă.

Recirculația se poate aplica cu succes la cuptoarele de : uscat [3], [4], [5], [6], tratament termic [7], [8], [9], încălzit materiale neferoase [10], [11], cocsificare [12], [13], [14], prăjirea minereurilor [15] etc.

Chiar la cuptoarele de încălzit materiale feroase sau la cuptoarele de topit [16], în anumite faze de desfășurare a procesului tehnologic și în anumite zone, este indicată recirculația. De asemenea, acest procedeu se aplică și la alte instalații, ca :

— preîncălzitoare de aer cu focar independent [17], [18], cowpere [19], cazane [20], [21], gazogene [22], [23], motoare cu ardere internă [24] etc.

Astfel la preîncălzitoarele de aer cu focar independent confecționate din oțel carbon sau fontă obișnuită, temperatura materialului folosit nu poate depăși circa 450°C respectiv 550°C. Dacă gazele de ardere la evacuarea din focar au o temperatură ridicată, răcirea acestora pînă la temperatură admisibilă se poate face neeconomic prin diluarea cu aer sau mult mai rațional cu ajutorul gazelor recirculate.

La cowpere, în mod similar gazele recirculate înlătură arderea combustibilului la excese de aer mari, în același timp conducînd și la celelalte avantaje menționate anterior, fapt care contribuie la mărirea substanțială a duratei lor de utilizare.

De multe ori recirculația gazelor de ardere se folosește la cazane pentru a împiedica zgurificarea grătarului permițînd evacuarea zgurei — provenită din arderea combustibililor solizi inferiori — în bune condițiuni, sau pentru uscarea combustibilului.

La gazogene prin recircularea gazelor provenite din arderea combustibilului produs de generator, se pot conduce în mod judicios reacțiile care au loc, astfel ca producerea combustibilului gazos să decurgă în mod optim.

1.2. *Schemele de funcționare.* În ansamblu, arderea cu recirculație se poate realiza prin două procedee :

a) Se arde combustibilul într-un spațiu separat și gazele rezultate se amestecă apoi cu gazele recirculate. În acest caz recirculația gazelor nu influențează fenomenul arderii, iar temperaturile care se obțin în focar au valori ridicate.

b) Se arde combustibilul în prezența gazelor recirculate. Folosindu-se un combustibil gazos cu putere calorifică mare, prin amestecul prealabil cu gazele recirculate se realizează un gaz combustibil sărac. La acest procedeu, cantitățile de gaze ce pot fi recirculate nu sînt limitate numai de valorile temperaturilor ce trebuie obținute în focar ci și de condițiile de ardere a combustibilului. Ne referim în special la posibilitatea unei arderi cît mai complete a combustibilului și la obținerea unei viteze de ardere convenabile.

Realizarea practică a acestor procedee se poate obține folosind mai multe scheme constructive dintre care principalele se vor prezenta în continuare [15].

În fig. 1 se indică cazul cînd recirculația se efectuează cu ajutorul unui ventilator, care refulează gazele recirculate printr-o pîlnie dispusă coaxial cu arzătorul (injectorul). Arzătorul poate fi alimentat cu tot aerul necesar arderii la excesul de aer minim, sau numai cu o parte, restul fiind introdus ca aer de răcire în gazele recirculate. În acest caz arderea combustibilului se desfășoară în spațiul de lucru al cuptorului, astfel că se obține o uniformitate ridicată a cîmpului de temperaturi.

Dacă tirajul se realizează forțat, se plasează un exhaustor pe traseul gazelor către coș, care dacă este dimensionat corespunzător poate folosi și la vehicularea gazelor recirculate.

Uneori cînd combustibilul are o temperatură teoretică de ardere ridicată, este necesar ca arderea combustibilului să se efectueze într-un focar plasat înaintea spațiului de lucru, evitîndu-se astfel transmiterea intensă a căldurii prin radiație către produsul tehnologic. Pe de altă parte fenomenul arderii nu este influențat de prezența gazelor recirculate, la oricare regim de funcționare.

Se recurge astfel la o altă soluție constructivă care se deosebește de cea prezentată în fig. 1, numai prin faptul că gazele rezultate din ardere se amestecă cu gazele recirculate. Se subînțelege că uniformitatea cîmpului de temperaturi pe lungimea cuptorului este mai scăzută decît în cazul anterior.

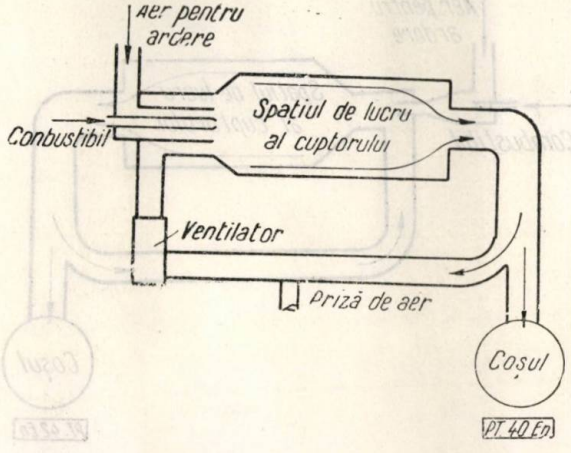


Fig. 1. Schema unei instalații la care recirculația gazelor se efectuează cu ventilator.

Dacă gazele de ardere la evacuarea din cuptor au o temperatură prea ridicată (peste circa 350°C) vehicularea forțată a lor se face cu ajutorul unui ejector la care fluidul ejector este aerul

comprimat. În acest mod se înlătură introducerea aerului de răcire în gazele recirculate, fapt care poate fi de o deosebită importanță atunci cînd combustibilul arde cu aerul comprimat folosit la ejecție, iar procesul tehnologic necesită realizarea în cuptor a unei atmosfere neutre.

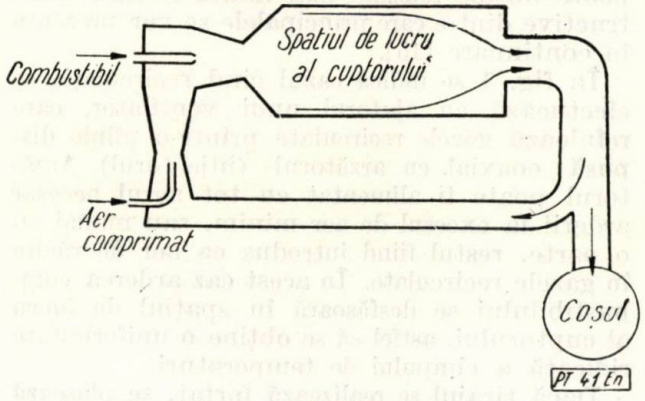


Fig. 2. Schema unei instalații la care reciculația gazelor se efectuează cu ejector.

Trebuie remarcat totuși că vehicularea gazelor recirculate cu ajutorul ejectorului conduce la un consum de energie sensibil mai mare decît în cazul folosirii unui ventilator, fapt care limitează aplicarea acestui procedeu.

În fig. 2 se prezintă o instalație funcționînd cu recirculația gazelor de ardere, la care recirculația se efectuează cu un ejector, iar aerul necesar arderii este tocmai fluidul ejector.

Atunci cînd focarul este profilat corespunzător astfel ca evacuarea gazelor din acesta — cu o viteză convenabilă — să producă o depresiune sensibilă, se poate folosi recirculația naturală a gazelor de ardere.

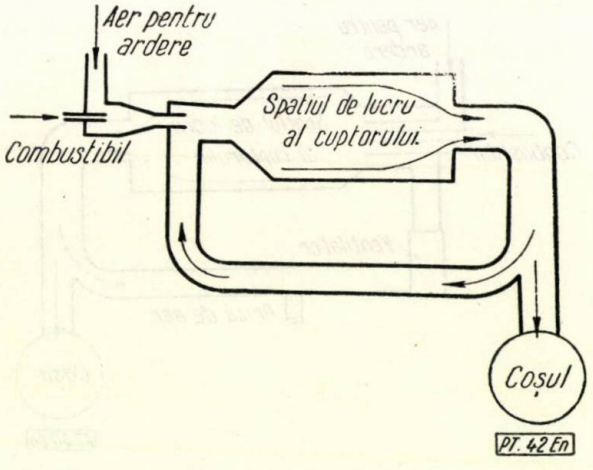


Fig. 3. Schema instalației funcționînd cu recirculația naturală a gazelor de ardere.

Deși acest procedeu prezintă avantajul important că nu necesită ejector sau ventilator și din acest punct de vedere ar reprezenta a soluție optimă, totuși cantitățile de gaze ce pot fi recirculate sînt relativ reduse iar reglajul temperaturii gazelor de ardere evacuate din focar, cu sarcina, este în multe cazuri necorespunzător.

În fig. 3. se indică schema unei instalații funcționînd cu recirculația naturală a gazelor de ardere.

În general cînd recirculația gazelor se face forțat și temperatura gazelor la evacuarea din cuptor este superioară la circa 500°C, apare ca rațională soluția amplasării unui recuperator, folosit la preîncălzirea aerului necesar arderii.

Pentru acest caz gazele de ardere cedînd căldură și în recuperator își reduc temperatura sensibil, astfel că pot fi recirculate cu ajutorul unui ventilator, fără să fie răcite cu aer atmosferic. În acest mod în afară de ridicarea randamentului cuptorului, se favorizează și obținerea unei atmosfere neutre în cuptor. În fig. 4 se indică schema unei asemenea instalații la care arderea combustibilului are loc în prealabil, gazele rezultate din ardere fiind apoi amestecate cu gazele recirculate. Se poate realiza în acest mod arderea cu recirculație la care aerul necesar arderii se preîncălzește.

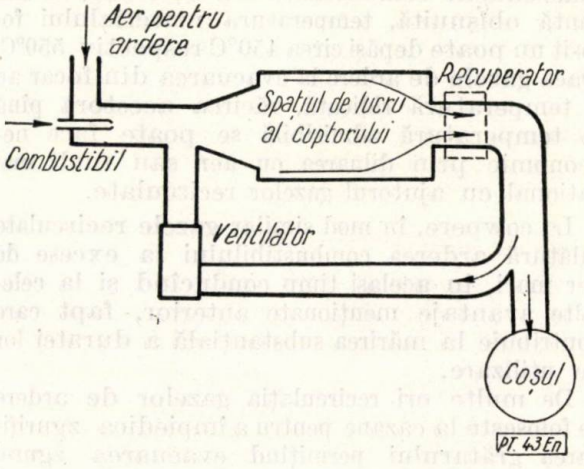


Fig. 4. Schema unui cuptor prevăzut cu recuperator, la care recirculația gazelor se face cu ventilator, iar arderea combustibilului are loc în prealabil.

2. Calculul arderii cu recirculație la care aerul necesar arderii se preîncălzește

Arderea combustibilului la coeficientul de exces de aer minim α_r se poate face în cazul arderii cu recirculație, deși nu se mai introduce aer suplimentar pentru răcirea focarului, ca în cazul arderii obișnuite. Astfel tendința de creștere a temperaturii din focar datorită excesului de aer mic cît și datorită aerului preîncălzit folosit la ardere poate fi anihilată prin introducerea în focar a unei cantități sporite de gaze recirculate.

Calculul termodinamic al arderii cu recirculație folosind aerul necesar arderii preîncălzit,

comportă — în general — determinarea următorilor factori: consumul de combustibil orar B_{rp}, proporția de gaze recirculate ρ_p și economia de combustil x_{rp} ce rezultă față de arderea obișnuită.

2.1. *Evaluarea consumului orar de combustibil.* La mersul de regim al cuptorului, înainte de priza de recirculație a gazelor de ardere, cantitatea acestora este $(1 + \rho_p)\, V_{g'}^r$ (fig. 5).

Mărimea

$$V_{g'}^r = V_g^r + \Delta\alpha \cdot V_0$$

unde:

V_g^r este cantitatea de gaze ce rezultă prin arderea unității de combustibil la coeficientul de exces minim α_r.

V_0 — cantitatea teoretică de aer pentru ardere.

$\Delta\alpha V_0$ — cantitatea de aer fals aspirat în spațiul de lucru situat după focar, pentru unitatea de combustib ars.

Mărimea ρ_p precizează proporția de gaze recirculate din $V_{g'}^r$.

Ținînd seama numai de elementele principale, ce intervin în ecuația de bilanț termic al unui cuptor funcționînd cu recirculația gazelor de ardere, căldura utilă absorbită de produsul tehnologic pentru unitatea de combustibil ars este:

$$Q_u^{rp} = P_{ci} + I_a^r + \alpha_r (I_p' - I_a') - [I_e^r + \Delta\alpha(I_e' - I_a') + Q_p^{rp} + Q_{pr}] \qquad (1)$$

În relația (1) semnificația notațiilor ce intervin este următoarea:

P_{ci} este puterea calorifică inferioară a combustibilului folosit;

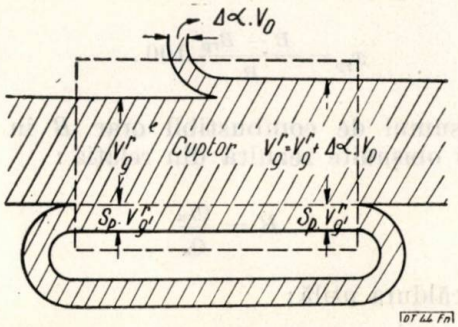


Fig. 5. Schema circulației fluidelor gazoase în cazul arderii cu recirculație la care aerul folosit la ardere este preîncălzit

$I_a^r I_e^r$ — entalpiile cantității de gaze, V_g^r la temperatura mediului ambiant t_a respectiv temperatura gazelor la evacuarea din cuptor t_e;

$I_a' I_e' I_p'$ — entalpiile cantității teoretice de aer V_0 la temperaturile t_a, t_e și temperatura aerului preîncălzit t_p folosit la ardere;

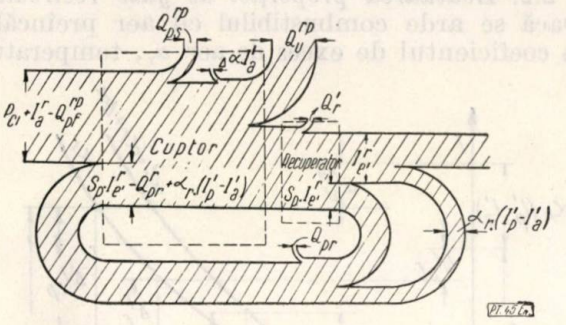


Fig. 6. Schema termică în cazul arderii cu recirculație folosind aerul necesar arderii preîncălzit.

$Q_p^{rp} = Q_{pf}^{rp} + Q_{ps}^{rp}$ — suma dintre căldurile pierdute din focar respectiv din spațiul de lucru în mediul ambiant, pentru unitatea de combustibil arsă cu aer preîncălzit, la coeficientul de exces α_r;

Q_{pr} — căldura pierdută către mediul ambiant de gazele recirculate $\rho_p \cdot V_{g'}^r$ pe traseul în care sînt vehiculate.

Mărimea Q_u^{rp} rezultă ușor și din schema termică prezentată în fig. 6.

Atunci cînd gazele recirculate au o temperatură relativ scăzută sau conductele de recirculare sînt scurte și bine izolate căldura Q_{pr} poate fi neglijată.

Dacă se neglijează entalpia aerului fals la temperatura ambiantă, se poate scrie că:

$$I_{e'}^r \cong I_e^r + \Delta\alpha\,(I_e' - I_a')$$

unde $I_{e'}^r$ este entalpia gazelor ce rezultă prin arderea unității de combustibil la coeficientul de exces $\alpha_r' = \alpha_r + \Delta\alpha$.

Astfel relația (1) se poate scrie sub forma:

$$Q_u^{rp} = P_{ci} + I_a^r + \alpha_r (I_p' - I_a') - (I_{e'}^r + Q_p^{rp} + Q_{pr}) \qquad (2)$$

Atunci cînd căldura utilă absorbită orar de produsul tehnologic este Q_{hu} consumul orar de combustibil rezultă din relația:

$$B_{rp} = \frac{Q_{hu}}{Q_u^{rp}} \qquad (3)$$

În consecință, pe baza relațiilor (2) și (3) rezultă că pentru un anumit combustibil* și o anumită valoare a căldurii utile orare Q_{hu}, B_{rp} are o valoare cu atît mai mică, cu cît:

— coeficientul de exces la evacuarea din cuptor α_r' are o valoare mai mică, adică α_r este redus și se aspiră aer fals cît mai puțin;

* Deci P_{ci}, V_0 și cantitatea teoretică de gaze de ardere V_{go} au valori bine precizate.

— temperatura t_e este cît mai mică, iar
— temperatura t_a este cît mai mare şi
— căldura pierdută către mediul ambiant este cît mai mică.

2.2. *Evaluarea proporţiei de gaze recirculate.* Dacă se arde combustibilul cu aer preîncălzit la coeficientul de exces de aer α_r, temperatura

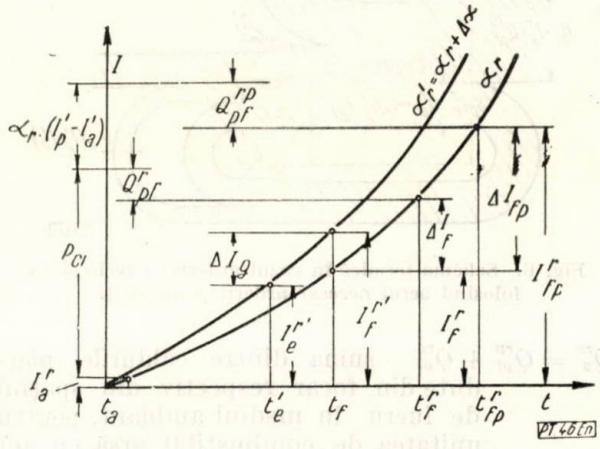


Fig. 7. Evaluarea mărimilor care precizează ρ şi ρ_p.

gazelor de ardere la evacuarea din focar are valoarea t^r_{fp}.

Această temperatură se micşorează pînă la valoarea t^r_f atunci cînd combustibilul este ars cu aer nepreîncălzit (fig. 7).

Căldura care trebuie absorbită pentru a se răci cantitatea de gaze V^r_g între temperatura ^r_f şi temperatura gazelor la evacuarea din focar tt_f, cerută de desfăşurarea optimă a procesului tehnologic, este :

$$\Delta I_f = P_{ci} + I^r_a - Q^r_{vf} - I^r_f \qquad (4)$$

Q^r_{vf} reprezintă căldura pierdută din focar în mediul ambiant la unitatea de combustibil ars la coeficientul de exces α_r în cazul arderii cu recirculaţie, iar I^r_f este entalpia cantităţii de gaze V^r_g pentru temperatura t_f.

Căldura necesară cantităţii de gaze $V^r_{g'} = V^r_g + \Delta\alpha\, V_0$ pentru a se încălzi între temperatura gazelor recirculate la intrarea în focar t'_e şi temperatura t_f este :

$$\Delta I_g = V^r_{g'}(I^{r'}_f - I^{r'}_e) \qquad (5)$$

Mărimile $I^{r'}_f$ şi $I^{r'}_e$ reprezintă entalpiile cantităţii de gaze $V^r_{g'}$ la temperaturile t_f şi respectiv t'_e.

Se poate obţine temperatura gazelor de ardere la evacuarea din focar t_f, atunci cînd se recirculă cantitatea de gaze $\rho V^r_{g'}$. Proporţia de gaze recirculate ρ rezultă din relaţia :

$$\rho = \frac{\Delta I_f}{\Delta I_g}. \qquad (6)$$

Cînd se preîncălzeşte aerul necesar arderii, căldura disponibilă prin răcirea cantităţii de gaze V^r_g între temperaturile t^r_{fp} şi t_f este :

$$\Delta I_{fp} = P_{ci} + I^r_a + \alpha_r(I'_p - I'_a) - Q^{rp}_{vf} - I^r_f. \qquad (7)$$

Pentru acest caz proporţia de gaze recirculate este dată de relaţia :

$$\rho_p = \frac{\Delta I_{fp}}{\Delta I_p}. \qquad (8)$$

Debitul orar de gaze recirculate este precizat prin relaţia :

$$D_r = B_{rp} \cdot \rho_p \cdot V^r_{g'} \left(1 + \frac{i'_e}{273}\right). \qquad (9)$$

2.3. *Evaluarea economiei de combustibil.* Pentru claritatea expunerii ce va urma se vor preciza ipotezele în baza cărora se va calcula economia de combustibil ce rezultă faţă de arderea obişnuită, prin aplicarea arderii cu recirculaţie.

Astfel se consideră că au aceleaşi valori :
— temperatura gazelor la evacuarea din cuptor t_e ;
— temperatura gazelor la evacuarea din focar t_f ;
— temperatura aerului ambiant t_a ;
— căldura utilă Q_{hu} cedată orar procesului tehnologic ;
— cantitatea de aer fals $\Delta\alpha V_0$ aspirată pentru unitatea de combustibil ars, în ambele variante de arderea combustibilului.

De asemenea se face ipoteza că arderea combustibilului are loc complet.

Economia de combustibil brută ce rezultă faţă de arderea „obişnuită", prin utilizarea arderii cu recirculaţie la care aerul necesar arderii se preîncălzeşte, este :

$$x_{rp} = \frac{B - B_{rp}}{B} 100. \qquad (10)$$

Consumul de combustibil orar B în cazul arderii obişnuite rezultă din relaţia :

$$B = \frac{Q_{hu}}{Q_u} \qquad (11)$$

unde căldura utilă:

$$Q_u = P_{ci} + I_a - Q_p - I_e \qquad (12)$$

Termenii I_a şi I_e reprezintă entalpiile gazelor rezultate prin arderea obişnuită a combustibilului la coeficientul de exces de aer, α, pentru temperaturile t_a şi t_e.

Termenul Q_p precizează căldura pierdută din întregul cuptor în mediul ambiant de unitatea de combustibil ars tot la coeficientul de exces α.

Ținînd seama de relațiile (3), (9), (1) și (10), formula (9) devine :

$$x_{rp} = \frac{Q_u^{rp} - Q_u}{Q_u^{rp}} 100 =$$

$$= \frac{\alpha_r (I'_p - I'_a) + (\alpha - \alpha_r)(I'_e - I'_a) - (Q_p^{rp} + Q_{pr}^{p} - Q_p)}{P_{ci} + I_a^r + \alpha_r (I'_p - I'_a) - [I_e^r + \Delta\alpha (I'_e - I'_a) + Q_p^{rp} + Q_{pr}^{p}]} \cdot 100.$$

Relația precedentă se poate pune sub o formă mai simplă, dacă se neglijează * pierderile de căldură către mediul ambiant.

Astfel rezultă :

$$x_{rp} = \frac{\alpha_r (I'_p - I'_a) + (\alpha - \alpha_r)(I'_e - I'_a)}{P_{ci} + I_a^r + \alpha_r \cdot (I'_p - I'_a) - [I_e^r + \Delta\alpha \cdot (I'_e - I'_a)]} \cdot 100. \quad (13)$$

Din relația (13) rezultă că în cazul folosirii unui anumit combustibil x_{rp} are o valoare cu atît mai mare, cu cît :

— coeficientul de exces α_r este mai mic ;

— diferența dintre coeficienții de exces $\alpha - \alpha_r$ este mai mare ;

— temperatura aerului preîncălzit t_p este mai ridicată ;

— temperaturile t_e și t_a cît și cantitatea de aer fals aspirat au valori cît mai mici.

Dacă $t_a = t_p$, adică nu se preîncălzește aerul folosit la ardere, consumul orar de combustibil crește pînă la valoarea B_r, iar economia de combustibil x_{rp}, devine :

$$x_r = \frac{(\alpha - \alpha_r)(I'_e - I'_a)}{P_{ci} + I_a^r - [I_e^r + \Delta\alpha \cdot (I'_e - I'_a)]} \cdot 100. \quad (14)$$

Din relația (14) se remarcă faptul că $x_r = 0$ atunci cînd $t_e = t_a$, adică economia de combustibil x_r este cu atît mai mică cu cît diferența între temperaturile t_e și t_a este mai mică.

Vom căuta să precizăm valoarea economiei de combustibil netă. În practică pot apărea trei cazuri distincte. Astfel se poate ca tirajul cuptorului să fie natural, atît în cazul arderii obișnuite cît și în cazul arderii cu recirculație, iar recirculația gazelor de ardere să se efectueze natural, datorită depresiunii care există în focar. În această situație economiile de combustibil brută și netă au aceeași valoare.

Dacă tirajul cuptorului este natural în ambele variante de arderea combustibilului, iar recirculația gazelor de ardere se efectuează forțat cu ajutorul unui ventilator, calculul se efectuează după metoda ce se va prezenta în continuare.

Puterea consumată de ventilatorul care vehiculează gazele recirculate — exprimată în kW — rezultă din relația :

$$N = \frac{p_{tot} \cdot D_r}{3\,600 \cdot 102\, \eta_{ins}} \quad (15)$$

unde :

p_{tot} este presiunea totală dezvoltată de ventilator $\left(\frac{kg}{m^2}\right)$;

D_r — debitul de gaze recirculate $\left(\frac{m^3}{h}\right)$;

η_{ins} — randamentul instalației.

Dacă τ reprezintă numărul de ore de funcționare a ventilatorului, energia corespunzătoare puterii N exprimată în kWh este :

$$E = N \cdot \tau. \quad (16)$$

Atunci cînd recircularea gazelor de ardere se efectuează cu ajutorul unui ejector, energia necesară furnizării aerului comprimat — folosit ca fluid ejector — se calculează după o relație similară.

Admițînd cunoscut consumul specific $c\left(\frac{kcal}{kWh}\right)$ pentru producerea energiei electrice, rezultă cantitatea de combustibil B_e, care echivalează energia electrică E :

$$B_e = \frac{E \cdot c}{P_{ci}} \cdot \quad (17)$$

În această situație, pentru evaluarea economiei de combustibil nete x'_{rp} , consumul orar de combustibil din cazul arderii cu recirculație B_{rp} va trebui mărit cu B_e. Astfel formula de calcul al economiei de combustibil netă, ce rezultă față de arderea obișnuită prin aplicarea arderii cu recirculație la care aerul necesar arderii se preîncălzește, este :

$$x'_{rp} = x_{rp} - \frac{B_e}{B} \cdot 100. \quad (18)$$

Vehicularea gazelor recirculate cu ajutorul unui ejector la care se folosește drept fluid antrenant aerul, este o soluție adoptată rar datorită consumului mare de energie folosită la comprimarea aerului cît și pentru că determină scăderea accentuată a temperaturii gazelor recirculate.

Calculul consumului suplimentar de combustibil B_e se întocmește similar și pentru acest caz.

Dacă tirajul cuptorului se efectuează artificial cu ajutorul unui ventilator și în mod asemănător se realizează și recirculația forțată a gazelor de ardere apare o mică diferență. Astfel va trebui să se țină seama — în plus față de cazul doi studiat anterior — că în situația aplicării arderii cu recirculație se evacuează către coșul cuptorului mai puține gaze de ardere.

* La cuptoarele moderne pierderile de căldură către mediul ambiant sînt mici, astfel că ipoteza făcută în aceste cazuri introduce o eroare neglijabilă.

3. Calculul pentru un cuptor de normalizare

S-au considerat ca elemente date:

— cantitatea de oțel încălzită orar $G = 1700$ kg/h *;

— căldura pierdută orar, din focar în mediul ambiant, pentru unitatea de combustibil ars $Q_{pf}^{rp} \cong 0{,}02\ P_{ci}$;

— căldura pierdută orar, din spațiul de lucru în mediul ambiant pentru unitatea de combustibil ars $Q_{ps}^{rp} \cong 0{,}05\ P_{ci}$, combustibilul folosit este gazul natural avînd compoziția aproximativă $CH_4 = 98{,}51\,\%$; $C_2H_4 = 0{,}8\,\%$; $O_2 = 0{,}2\,\%$; $N_2 = 0{,}49\,\%$ și puterea calorifică inferioară $P_{ci} = 8540$ kcal/Nm³;

— temperatura gazelor la evacuarea din focar $t_f = 1\,050$°C;

— temperatura gazelor la evacuarea din cuptor $t_e = 700$°C;

— temperatura ambiantă la care se introduce aerul în cuptor $t_a = 15$°C;

— temperatura materialului la evacuarea din cuptor $t_m \cong 880$°C;

— temperatura gazelor recirculate la intrarea în focar $t_e' = 350$°C;

— temperatura aerului preîncălzit $t_p = 300$°C; deci se admite că se amplasează un recuperator de căldură.

Cuptorul este cu „mers continuu" iar materialul se deplasează pe o bandă rulantă.

Mai întîi se va evalua consumul orar de combustibil B_{rp} din cazul arderii cu recirculație la care aerul necesar combustiunii se preîncălzește.

Căldura utilă Q_u^{rp} rezultă din relația (1) în care se ia:

$$Q_{pr} \cong 0 \quad Q_p^{rp} = Q_{pf}^{rp} + Q_{ps}^{rp} = 0{,}07 \cdot 8540 \cong 598 \frac{\text{kcal}}{\text{Nm}^3}$$

$$I_a^r = 50 \frac{\text{kcal}}{\text{Nm}^3},\ I_a' = 45 \frac{\text{kcal}}{\text{Nm}^3},\ I_p' = 910 \frac{\text{kcal}}{\text{Nm}^3},$$

$$I_e^r = 2\,660 \frac{\text{kcal}}{\text{Nm}^3}$$

admițîndu-se că $\alpha_r = 1{,}01$

$$Q_u^{rp} = 8\,540 + 50 + 1{,}01\,(910 - 45) - (2\,660 + 598) = 6\,205 \frac{\text{kcal}}{\text{Nm}^3}.$$

Dacă entalpiile specifice ale materialului încălzit pentru temperaturile de evacuare (880°C) și de intrare în cuptor (15°C) sînt:

$$i_{me} = 150 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}},\ i_{mi} = 1{,}68 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

Căldura utilă cedată orar produsului tehnologic este:

$$Q_{hu} = G \cdot (i_{me} - i_{mi}) = 1700\ (150 - 1{,}68) = 252\,200 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

$$B_{rp} = \frac{Q_{hu}}{Q_u^{rp}} = \frac{252.200}{6\,205} = 40{,}7 \frac{\text{Nm}^3}{\text{h}}.$$

Pentru precizarea economiei de combustibil brută, se va determina consumul de combustibil orar B în cazul arderii obișnuite. Comparațiile care se vor indica în continuare se vor referi la arderea obișnuită deoarece cuptoarele de revenire care funcționează astăzi în uzină lucrează după acest sistem. În acest mod vor apare clar avantajele soluției propuse, față de vechea soluție.

În situația arderii obișnuite, coeficientul de exces de aer la care ar trebui ars combustibilul ca să se obțină $t_f \cong 1050$°C, rezultă din diagrama I, t pentru gaz metan.

Astfel considerîndu-se într-o primă aproximație $Q_{pf} = Q_{pf}^r \cong 0{,}02\ P_{ci}$ pentru a se obține $t_f = 1050$°C, rezultă $\alpha = 2{,}25$.

Căldura utilă Q_u rezultă din relația (12) în care se iau:

$$Q_{ps} + Q_{pf} = 0{,}07 \cdot P_{ci} \cong 598 \frac{\text{kcal}}{\text{Nm}^3},\ I_a \cong 110 \frac{\text{kcal}}{\text{Nm}^3},$$

$$I_e = 5\,360 \frac{\text{kcal}}{\text{Nm}^3}$$

$$Q_u = 8540 + 110 - 598 - 5360 = 2692 \frac{\text{kcal}}{\text{Nm}^3}$$

$$B = \frac{Q_{hu}}{Q_u} = \frac{252.200}{2\,692} = 93{,}8 \frac{\text{Nm}^3}{\text{h}}.$$

Economia de combustibil brută rezultă din relația (10)

$$x_{rp} = \frac{93{,}8 - 40{,}7}{93{,}8} \cdot 100 = 56{,}6\,\%.$$

Consumul specific de căldură în cazul arderii obișnuite este:

$$c_s = \frac{B \cdot P_{ci}}{G} = \frac{93{,}8 \cdot 8\,540}{1\,500} \cong 534 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

iar în cazul arderii cu recirculație are valoarea:

$$c_{sr} = \frac{B_{rp} \cdot P_{ci}}{G} = \frac{40{,}7 \cdot 8540}{1\,500} \cong 232 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

În consecință utilizarea arderii cu recirculație conduce la micșorarea consumului specific față de arderea obișnuită, la mai puțin de jumătate din valoarea care se obține în această variantă.

* În aceasta se cuprinde produsul tehnologic încălzit și dispozitivul care îl deplasează

Ventilatorul trebuie să livreze în cazul arderii obișnuite cantitatea de aer primar :

$$D_a = B \cdot \alpha \cdot V_0 = 93{,}8 \cdot 2{,}25 \cdot 9{,}5 = 2005 \frac{\text{Nm}^3}{\text{h}}$$

iar în cazul arderii cu recirculație

$$D_{ar} = B_{rp} \cdot \alpha_r \cdot V_0 = 40{,}7 \cdot 1{,}01 \cdot 9{,}5 = 390{,}5 \frac{\text{Nm}^3}{\text{h}} .$$

De aci ce poate aprecia că energia consumată pentru acționarea ventilatorului care furnizează aerul este sensibil mai mare la arderea obișnuită, decît în cazul arderii cu recirculație.

Proporția de gaze recirculate ρ_p rezultă din relația (8). Mărimea ΔI_{fp} precizată de (7) are valoarea :

$$\Delta I_{fp} = 8540 + 50 + 1{,}11\,(910 - 45) - 171 - 4160 =$$

$$= 5133 \frac{\text{kcal}}{\text{Nm}^3}$$

unde $I_f^r = 4\,160 \frac{\text{kcal}}{\text{Nm}^3}$.

Mărimea ΔI_g precizată de relația (5) are valoarea :

$$\Delta I_g = 4160 - 1\,270 = 2\,890 \frac{\text{kcal}}{\text{Nm}^3}$$

unde s-a neglijat aerul fals aspirat în spațiul de lucru al cuptorului și s-a considerat $t_e' = 350°\text{C}$, astfel că $I_e^{r'} = 1\,270 \frac{\text{kcal}}{\text{Nm}^3}$

$$\rho_p = \frac{5\,133}{2\,890} = 1{,}774 .$$

Debitul de gaze recirculate rezultă din relația (9)

$$D_r = 40{,}7 \cdot 1{,}774 \cdot 10{,}735 \left(1 + \frac{350}{273}\right) = 1\,770 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Pentru ca fenomenul arderii să nu fie afectat de gazele recirculate introduse în focar, se va folosi soluția arderii prealabile a combustibilului, iar gazele rezultate se amestecă apoi cu gazele recirculate.

Se va alege un ventilator pentru vehicularea gazelor recirculate, și nu alt sistem, pentru următoarele considerente :

— cuptorul va fi dotat cu recuperator, astfel că gazele la evacuarea din acesta nu vor avea o temperatură ridicată care să dăuneze ventilatorului, astfel că să fie necesară diluarea cu aer. De altfel diluarea cu aer este interzisă deoarece procesul tehnologic necesită în cuptor o atmosferă neutră ;

— recirculația naturală nu poate fi utilizată deoarece pe traseul gazelor recirculate (recuperator și cuptor) apar pierderi de presiune importante ;

— consumul de energie electrică este redus.

Astfel după un calcul cu totul estimativ, considerînd în mod acoperitor $p_{tot} \cong 100$ kg/m², din relația (15) în care s-a luat $\eta_{ins} = 0{,}5$ rezultă :

$$N = \frac{100 \cdot 1\,770}{3\,600 \cdot 102 \cdot 0{,}5} = 0{,}965 \text{ kW}$$

iar energia consumată pentru o oră $E = 0{,}965$ kWh.

Admițînd consumul specific de producere a energiei electrice $c = 0{,}6 \frac{\text{kg} \cdot \text{C} \cdot \text{C} \cdot}{\text{kWh}} = 4200 \frac{\text{kcal}}{\text{kWh}}$ rezultă cantitatea de combustibil gazos ce echivalează energia electrică E :

$$B_e = \frac{0{,}965 \cdot 4\,200}{8\,540} = 0{,}474 \frac{\text{Nm}^3}{\text{h}} .$$

Se remarcă faptul că valoarea lui B_e este foarte mică față de B_{rp}. Pe de altă parte trebuie ținut seama că acest consum suplimentar de energie electrică pentru vehicularea gazelor recirculate este compensat de micșorarea consumului de energie electrică la ventilatorul care refulează aerul primar necesar arderii.

Se poate spune astfel cu suficientă precizie că pentru cazul examinat economia de combustibil brută este practic egală cu cea netă.

Pentru a avea o idee de ansamblu asupra economicității soluției prezentate se va evalua aproximativ timpul în care se recuperează investițiile făcute în instalația de recirculație + recuperator ținînd seama doar de economia de combustibil.

Se admite că recuperatorul este construit din țevi netede de oțel și costă circa 2 500 lei iar ventilatorul pentru recirculat gazele de ardere împreună cu conductele de recirculare costă circa 7500 lei.

Considerînd costul unui Nm³ gaz metan 0,15 lei, ținînd seama că în 24 ore se economisește :

$e = (93{,}8 - 40{,}7)\ 24 = 1273$ Nm³ sau 192,5 lei.

Suma de 10 000 lei, adică costul instalațiilor suplimentare care apar față de arderea obișnuită, se amortizează în circa 1 247 ore de lucru sau circa 52 zile de funcționare neîntreruptă.

Trebuie precizat că nu s-a ținut seama de micșorarea pierderilor prin oțelul oxidat cît și de faptul că ventilatorul folosit la livrarea aerului primar în cazul arderii obișnuite costă mai mult decît în situația funcționării cuptorului cu gaze recirculate.

Este indicat ca instalația întreagă să funcționeze cu reglaj automat în funcție de temperatura din spațiul de lucru al cuptorului. Astfel dacă se mențin constante valorile debitelor B_{rp}, D_a și D_r atunci cînd cuptorul are o încăr-

care mai mică decît cea normală, temperatura în spaţiul de lucru va creşte. Reglajul automat va împiedica mărirea temperaturii şi deci compromiterea procesului tehnologic.

Pentru ca reglajul să fie economic este necesar :

— să existe un dispozitiv de menţinere constantă a raportului dintre B_{rp} şi D_a adică să se asigure arderea combustibilului la excesul minim la care combustia are loc complet;

— reglajul temperaturii să se facă prin varierea consumului de combustibil B_{rp};

— reglajul debitului de gaze circulate D_r^* să se facă în funcţie de B_{rp} adică în mod concret în funcţie de căderea de presiune produsă de diafragma pentru măsurat debitul de combustibil.

Concluzii

Articolul are ca scop principal, indicarea unei metode de calcul termodinamic al arderii cu recirculaţie la care se preîncălzeşte aerul folosit la ardere. Metoda se referă la cuptoarele care folosesc acest procedeu, deosebit de avantajos din punct de vedere energetic şi tehnologic. Bilanţurile termice se efectuează cu ajutorul entalpiilor I, care se pot lua din diagrama I, t, a combustibilului folosit. Aceasta nu constituie o dificultate deoarece majoritatea cuptoarelor din R.P.R., care pot folosi recirculaţia gazelor, ard combustibil gazos natural sau păcură, pentru care au fost construite diagrame I, t, în alte scopuri. Totuşi relaţiile de calcul al mărimilor X_{rp}, δ_p, B_{rp} pot fi folosite şi dacă se dispune de diagrama i (entalpie specifică), t (temperatură) care cu o precizie acceptabilă se poate considera valabilă pentru toţi combustibilii folosiţi uzual. În acest caz va trebui ţinut seama că, de exemplu :

$$I_e^r = V_g^r \cdot i_e^r, \quad I_f^r = V_g^r \cdot i_f^r \ldots \text{ etc.}$$

unde i_e^r şi i_f^r sînt entalpiile specifice ale gazelor rezultate din arderea combustibilului la coeficientul de exces α_r şi temperaturile t_e respectiv t_f. Se subînţelege că relaţiile amintite, se pot folosi şi prin calcularea căldurilor specifice medii ale gazelor de ardere.

Pentru a ilustra metodica preconizată se dă un exemplu de calcul, în încheierea articolului.

Bibliografie

[1] Maslenikov S.: *Reţirculaţia gazov v promîşlenîh peciah.* Za economiu topliva Nr. 5, 1952 pag. 25—30.

[2] Ghia V. V.: *Eine neue Berechnungsmethode der Vorbrennung mit Gasumwälzung für ihre Anwendung bei Industrieöfen.* Zeitschrift für Energetik und Electrotechnik Nr. 1, 1957, pag. 117—146.

[3] Filonenco G., Lebedev P. D.: *Instalaţii de uscare.* Ed. energetică de stat 1954 pag. 84 — 86.

[4] Lurie M. In.: *Sušilnoe delo* Gosenergoizdat 1948 pag. 167—181.

[5] Razons P.: *Théorie et pratique du séchage industriel* Dunod — Paris, 1949 pag. 24—42 .

[6] Haber J.: *Strojni sušeni.* S.N.T.L. Praha 1956 pag. 72—100

[7] Hollmann C.: *Der Habenofen mit Gasumwalzung im Lichte der Literatur Gas Wärme Nr. 10, 1955 pag.* 336—341.

[8] Davis J. B.: *The Annealing of Mild-Steel Coils.* Journal of the Iron and Steel Institute, mai 1949, pag. 91—98.

[9] Genrich K.: *Konstruktionsgrundsätze für industrielle Warmbehandlungsöfen.* Gas Wärme Nr. 8, 1958 pag. 259—266.

[10] Ghia V.: *Asupra cercetărilor experimentale, efectuate pentru aplicarea arderii cu recirculaţie la un cuptor de încălzit.* — Studii şi Cercetări de Energetică Nr. 2, 1957 pag. 171—201.

[11] Mihailenco A. I.: *Cuptoare pentru încălzit metale neferoase* I.D.T., 1951.

[12] Gubergrit M. Ia.: *Isledovanie reţirculiaţii productov goreniia v cocsovîh peciah.* Isvestiia Academii Nauc S.S.S.R. (O.T.N.) Nr. 7, 1950 pag. 1016—1023.

[13] Agroschin A. A., Gubergrit M. Ia.: *Smeşenie gazov i gorenie v otopitelnoi sisteme cocsovîh pecei.* Isvestiia Academii Nauc S.S.S.R. (O.T.N.) nr. 11, 1949 pag. 1626—1640.

[14] Gubergrit M. Ia: *Smeşenie gazovîh potocov v otopitelnîh canalah cocsovîh pecei.* Isvestiia Academii Nauc. S.S.S.R. (O.T.N.) nr. 5, 1950, pag. 695—701.

[15] Černoch S.: *Anwendungsgebiete der Umwälzheizung* Neue Hutte Heft 3, März 1958, pag. 157—165.

[16] Černoch S., Chomutov N.: *Novějšî vzory hlubinných peci* Zvlastni otisk z casopisu „Strojnicky obzor" Čfs 9 — 10 Roc. 1946, pag. 1—9.

[17] Ghia V. V.: *Înlăturarea suprasolicitărilor termice ale recuperatoarelor folosite la cuptoare, prin utilizarea răcirii cu aer şi cu gaze recirculate.* Studii şi Cercetări de Energetică. Tomul V, Nr. 3—4, 1955, pag. 255—266.

[18] Ghia V. V.: *Economia de combustibil obţinută prin recirculaţia gazelor de ardere la preîncălzitoarele de aer pentru uscătorii.* Energetica nr. 3, 1956 pag. 128—134.

[19] Rein A., Stebel O.: *Der Betrieb von Hochofen — — Winderhitzern mit Abgasumwalzung.* — Sthal und Eisen *71* (1951) Heft. 24, pag. 1310 — 1313.

[20] Maslenicov M. S.: *Recirculaţia gazelor de ardere şi importanţa ei pentru instalaţiile de cazane.* Economia de combustibil nr. 5, 1950 pag. 41—53.

[21] * * *: *Tendenze mondiali nella produzione di energia emerse alla Quinta Conferenza mondiale della energia.* Il calore 1957, nr. 2.

[22] Bock G.: *Zur Theorie und Praxis der Reduzierung von Verbrennungsprodukten zu brennbaren Gasen* (CO und H_2) in *Gaswerksbetrieben.* Energietechnik Heft 9 sept. 1953 pag. 418—420.

[23] Jöhring H.: *Einführung der Rauchgasrück führung bei Schwachgasarzeugungsanlagen.* Energietechnik Heft 5 mai 1953 pag. 232—233.

[24] Bărănescu G., Soare M., Teodorescu L., Vasilescu C. A.: *O metodă pentru îmbunătăţirea funcţionării motoarelor cu aprindere prin compresie la sarcini reduse.* — Studii şi Cercetări de Energetică Nr. 4. 1959.

* Pentru calculul de amortizare, va trebui să se considere suplimentar faţă de considerentele anterioare numai instalaţia pentru reglajul debitului D_r.

Asupra anumitor forme noi de transformare directă a energiei termice, chimice şi nucleare în energie electrică

De la bateria solară la magnetohidrodinamică

Ing. *ALEX. FLORESCU*

Este îndeobşte cunoscut faptul că dezvoltarea tehnicii inginereşti nu urmăreşte totdeauna anumite ramuri ale descoperirii ştiinţifice. O serie întreagă de fapte ştiinţifice — unele care eventual cunosc o mică înflorire după descoperirea lor — dispar apoi din cadrul preocupărilor tehnice curente şi de-abia după mult timp — cîteodată chiar peste un secol — sînt scoase la iveală în cadrul unor aplicaţii noi de mare însemnătate tehnică. Este de asemenea cunoscut că anumite activităţi legate de introducerea generalizată a unor tehnici moderne sfîrşesc pînă la urmă ca să prezinte influenţe importante în toate ramurile înrudite. Astfel spre exemplu, dezvoltarea electrotehnicii la sfîrşitul secolului trecut a făcut ca încetul cu încetul majoritatea activităţilor tehnice să fie profund influenţate de metodele şi posibilităţile pe care le oferea electricitatea. În mod similar, în epoca noastră, energia nucleară şi progresele tehnologice în domeniul fizicii solidului nu pot să nu provoace transformări esenţiale şi în tehnica electricităţii. În astfel de situaţii capătă posibilitatea de a fi introduse în tehnică o serie de descoperiri ştiinţifice care prezentau în cazul cel mai bun un cîmp prielnic doar unei aplicaţii cu totul limitate.

În cele de mai jos vom arăta unele surse recente de producere a energiei electrice care se bazează pe fapte ştiinţifice cunoscute mai de mult, dar care reprezintă fie un domeniu cu totul nou pentru tehnică, fie un domeniu în care aplicaţiile tehnice jucau un rol cu totul limitat şi lipsit de importanţă industrială.

Inginerul energetician, preocupat de rezolvarea dezvoltării electroenergeticei pe căi clasice, pe baza centralelor termo şi hidroelectrice, pierde de cele mai multe ori din vedere apariţia la limita domeniului activităţii sale a unor noi realizări tehnice care sînt menite să modifice în viitor structural dezvoltarea energeticei.

Aceste noi descoperiri de surse de energie electrică, chiar dacă unele din ele în prezent nu permit o aplicaţie pe scară industrială, vor avea o mare importanţă în viitor, şi anumite aspecte lasă să se întrevadă acest lucru.

Bateria solară

Din puterea de $3{,}8 \times 10^{20}$ MW radiată de soare în mediul înconjurător, pămîntul recepţionează $1{,}7 \times 10^{11}$MW sau o densitate de 1,34 kW/m². Această putere poate fi transformată în energie electrică cu un randament de cca 10% de bateria solară. O celulă (3,5 cm ∅, 2,1 cm grosime) a unei baterii solare produce o f.e.m. în gol de 0,6 V şi în sarcină de 0,45 V şi la o radiaţie solară de 1 kW/m² debitează o putere electrică specifică de 0,11 kW/m².

Faţă de termocuplele clasice care transformă căldura în energie electrică cu un randament de 1% bateria solară reprezintă un progres important în special ţinînd seama de gratuitatea sursei primare. Bateria solară este obţinută din semiconductori cu siliciu sau germaniu. Se ştie că în timp ce metalele posedă la temperatura ambiantă o rezistivitate electrică între 10^{-6} şi $10^{-4}\Omega$.cm semiconductorii au o rezistivitate electrică între 10^{2} şi 10^{9} Ωcm.

Această rezistivitate variază cu temperatura în sens contrar, ca la metale şi anume cînd temperatura creşte, rezistivitatea scade. Impurităţi în structura cristalină a semiconductorului conduc la o variaţie foarte mare a rezistivităţii acestuia (spre exemplu un procent de bor adăugat siliciului produce o scădere a rezistivităţii siliciului de zece mii de ori).

Rezistivitatea electrică sau mai bine zis inversul ei (conductivitatea) este strîns legată de numărul de electroni de conductibilitate. Diferenţa fundamentală între un metal şi un semiconductor, din punct de vedere al proprietăţilor electrice, constă în numărul de electroni de conductivitate care există în reţelele cristaline respective. Pentru semiconductori acest număr variază foarte mult în funcţie de temperatură, de impurităţile constituţiei moleculare şi de radiaţiile luminoase care lovesc semiconductorul.

O calitate importantă a semiconductorilor de siliciu legată de proprietăţile electrice, este timpul necesar pînă la dispariţia unui exces de electroni transmişi siliciului printr-un procedeu oarecare. Pînă nu demult acest timp era de ordinul 10^{-4}s, iar actualmente, prin perfecţionarea metodelor de recristalizare a siliciului, acest timp a ajuns de ordinul 10^{-2}s.

De acum patru decenii s-a descoperit că anumite joncţiuni între un metal şi un semiconductor au proprietăţi unidirecţionale, adică lasă să treacă curentul într-un singur sens; explicaţia mecanismului fizic al acestui proces datează însă de mai mult de un deceniu.

Cercetările efectuate au arătat că la un semiconductor există două feluri de particule încărcate electric şi anume electroni care au o sarcină negativă — e şi „goluri" care au o sarcină pozitivă +e. Apariţia unei energii exterioare

termice, optice sau electrice produce o deplasare a electronilor într-un sens şi a „golurilor" în sens contrar. Numărul şi viteza acestor particule determină conductivitatea electrică a semiconductorului.

Existenţa în masa unui semiconductor (de ex. siliciu) a unor impurităţi provocate de ele-

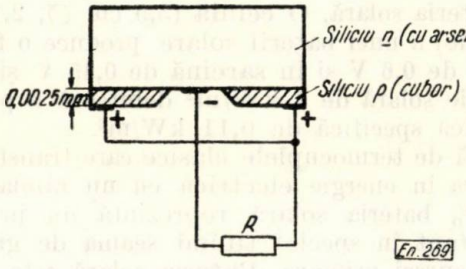


Fig. 1

mente cu o valenţă mai mare cu o unitate duce la formarea unui exces de electroni şi realizează un semiconductor negativ sau de tip *n*. Aceste elemente de valenţă mai mare cu o unitate se numesc donatori, deoarece cedează electroni.

În mod similar, impurităţi datorate unor elemente cu o valenţă mai mică cu o unitate conduc la formarea unui exces de „goluri" şi realizează un semiconductor de tip *p*. Aceste elemente cu o valenţă mai mică cu o unitate se numesc acceptori, deoarece primesc electroni.

Aceste „murdăriri" ale semiconductorilor puri din punct de vedere chimic au ca rezultat o creştere apreciabilă a conductivităţii lor.

Nu s-au putut obţine progrese în domeniul construcţiei bateriilor solare decît cînd s-a reuşit să se prepare semiconductori avînd o constituţie chimică foarte pură. Astăzi se fabrică siliciu care conţine impurităţi în proporţie de $1/10^9$. Siliciului astfel preparat şi care este deci de o puritate aproape perfectă i se adaugă urme de arsen (element care are valenţa mai mare cu o unitate faţă de siliciu) în proporţia de $1/10^6$. Datorită acestei „murdăriri" (impurificări) siliciul capătă electroni liberi, adică devine un semiconductor tip *n*.

După ce se taie în felii şi se încălzeşte timp îndelungat la 1000—1200°C cu lampă de cuarţ, într-o atmosferă care conţine bor (element care are valenţa mai mică cu o unitate faţă de siliciu) se formează pe suprafaţa siliciului un strat de cca 1/400 mm grosime, care conţine atomi de bor. Acest strat superficial constituie un semiconductor de tip *p*.

Celula astfel formată (fig. 1) constituie ceea ce se numeşte o joncţiune *p*—*n* de siliciu. Dacă un fascicol luminos cade pe suprafaţa de separaţie a acestor doi semiconductori (semiconductorul siliciu tip *p* şi siliciu tip *n*) datorită cuantelor de lumină (fotoni) are loc o activizare a energiei particulelor („goluri" şi electroni) din reţeaua cristalină a semiconductorului siliciu tip *p*, aşa încît între ambii semiconductori apare o diferenţă de potenţial care poate fi culeasă într-un circuit exterior. Pe baza acestui fenomen se pot construi baterii solare care prezintă o eficacitate maximă la unde luminoase avînd lungimea de undă de 7000—8500 Å; dacă lungimea de undă variază între 5500 şi 9500 Å eficacitatea este de cca 50%.

Astfel de baterii au fost iniţial încercate ca surse de curent electric pentru telefonie. Se ştie că aceste baterii solare au avut de asemenea o largă utilizare în tehnica sputnicilor, ca surse de curent electric pentru aparatura radiotehnică. Sînt în experimentare şi alte utilizări ale acestor baterii, care reprezintă în zone de radiaţie solară frecventă o sursă foarte avantajoasă cînd se cer puteri electrice reduse.

Bateria atomică

În anul 1954 a fost realizată o baterie care transformă direct energia nucleară în energie electrică. Bateria se compune dintr-un semiconductor tip *n* cu joncţiune care este iradiat (bombardat cu electroni) de o sursă radioactivă (stronţiu 90) (fig. 2). Se utilizează o cantitate de 50 milicurie de stronţiu 90 ($1{,}84.10^9$ dezagregări/s). Din puterea totală radiată, care este de ordinul a 100 μW se poate obţine în circuitul exterior un curent de cca 5 μA sub o tensiune de 200 mV, adică o putere de 1 μW. Randamentul de 1% este încă foarte redus deoarece majoritatea energiei se pierde sub formă de căldură. Electronii rapizi radiaţi de stronţiu pătrund în reţeaua cristalină a semiconductorului şi suferă o serie întreagă de ciocniri, în cursul cărora pierd din energia pe care o posedă şi ajung pînă la urmă să se recombine cu un gol. În unele din ciocnirile neelastice pe care le suferă, electronul poate ioniza un atom al reţelei cristaline, adică produce o pereche electron-gol. Datorită barierei direcţionale create de semiconductor, această pereche electron-gol poate fi separată şi deci ea provoacă la bariera de joncţiune o diferenţă de potenţial, care poate fi utilizată într-un circuit exterior. Bariera de joncţiune semiconductoare poate separa aceste perechi numai dacă ele apar în imediata ei vecinătate, în caz contrar perechile se recombină şi efectul util este nul. Din aceste motive stratul de semiconductor trebuie să fie foarte subţire. De altfel electronii cu energii relativ mari, de 1 MeV, nu pătrund mai mult de 1,5 mm. Bateria atomică experimentală

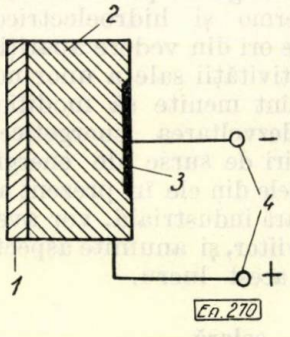


Fig. 2

a fost folosită pentru alimentarea unui oscilator cu tranzistori. Ea nu oferă pentru moment decît un cîmp foarte redus de aplicații practice. Este important de reținut că se speră să se poată ridica randamentul la 10% și faptul că ea posedă o durată de utilizare de 20 ani, fără intervenții externe, poate face foarte interesantă această sursă pentru o serie întreagă de circuite de control.

Bateria cu combustibil gazos

Bateria cu combustibil gazos (pila cu combustie) permite o transformare directă a energiei chimice a unui gaz în energie electrică.

Procesul nu implică limitări teoretice ale randamentului. Într-adevăr, se pot obține randamente foarte bune, de peste 90%. Folosind una din ecuațiile diferențiale ale termodinamicei

$$\mathrm{d}\,\Phi = \mathrm{d}i - T\mathrm{d}s,$$

în care :

Φ este potențialul termodinamic,
i — entalpia,
s — entropia,
T — temperatura,

randamentul transformării energiei chimice în energie electrică este dat de raportul :

$$\eta = \frac{\mathrm{d}\,\Phi}{\mathrm{d}i} = 1 - T\frac{\mathrm{d}s}{\mathrm{d}i}$$

Deoarece în procesul chimic $C + O_2 \rightarrow CO_2$; $\mathrm{d}s \simeq 0$, rezultă pentru randamentul teoretic o valoare foarte apropiată de 1.

Bateria se compune din electrozi și un electrolit ; la bateria Bacon spre exemplu, electrozii sînt din nichel iar electrolitul este o soluție de KOH (fig. 3). Din acest punct de vedere aceste baterii seamănă cu cele clasice. Diferența față de acestea este că în loc să acumuleze energia, bateria cu combustibil gazos o transformă imediat în energie electrică. În acest scop se introduce în baterie un amestec de gaze, în majoritate propan, în momentul cînd bateria trebuie să transforme energia. Procesele care au loc în baterie sînt următoarele : la anod este absorbit de catalizator hidrogenul, care este activat, reacționează cu un ion al electrolitului și eliberează un electron în circuitul exterior ; la catod este absorbit oxigenul, care la rîndul său reacționează cu electronul din circuitul extern și reformează ionul care dispăruse la anod. În ansamblu reacția se caracterizează prin transformarea hidrogenului și oxigenului în apă și printr-un curent electric în circuitul exterior.

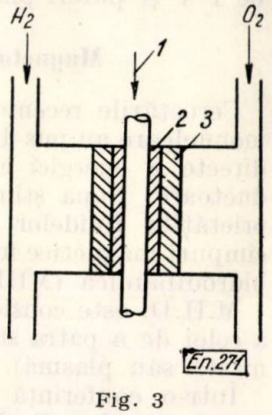


Fig. 3

Este demn de relevat că procesul este reversibil și permite, dacă se furnizează energie electrică, să se obțină hidrogen și oxigen, care se pot înmagazina. Acest lucru permite implicit o înmagazinare a energiei electrice din orele de minim de sarcină. În prezent au fost utilizate baterii cu combustibil pentru acționarea electrică a unui tractor prin intermediul unui motor de 20 CP ; s-au utilizat în acest scop 1008 baterii grupate în 112 grupe a 9 baterii.

Baterii termoelectrice

În 1821 germanul Seebeck a descoperit efectul care este utilizat în termocuple și care constă în apariția unei f.e.m. în circuitul format din două fire din metale diferite, sudate la capete, la care cele două suduri se află la temperaturi diferite. F. e.m. este proporțională cu diferența de temperatură, coeficientul de proporționalitate fiind S. În 1834 fizicianul francez Peltier a descoperit că o sudură între două metale poate absorbi sau ceda căldura în funcție de sensul curentului din circuitul format de cele două metale. Cantitatea de căldură este proporțională cu curentul, coeficientul de proporționalitate fiind P. În 1854, englezul Thomson (Lord Kelvin) stabilește că între coeficienții S și P există relația $P = ST$, unde T este gradientul de temperatură. Timp de mai bine de un secol, termocuplele au avut un domeniu limitat de aplicație, ca aparate de măsură, datorită randamentului redus, de 1%. În 1937, dr. Telkeș Maria a obținut cu un termocuplu de ZnSb și SPb un randament de 7%, între limitele de temperatură de 21—444°C.

Cercetări și rezultate fundamentale în această direcție au fost obținute în U.R.S.S. la Institutul de semiconductori din Leningrad de sub conducerea profesorului Joffe. Prof. Joffe a realizat un termocuplu cu un randament de 10%, care poate alimenta un mic post de radio, avînd ca sursă de căldură o lampă de petrol. Acest termocuplu se fabrică pe scară largă în U.R.S.S. Cercetările făcute de prof. Joffe și școala sovietică au arătat că pentru a produce în mod eficace energie electrică din căldură trebuie create substanțe termoelectrice care să satisfacă două condiții esențiale :

— să poată funcționa la temperaturi înalte ;
— să aibă un randament de transformare care să fie acceptabil (peste 10%).

Metalele satisfac prima condiție dar nu satisfac pe cea de a doua.

Semiconductoarele satisfac a doua condiție dar nu satisfac prima.

Din aceste motive cercetătorii au trebuit să creeze noi materiale, care să reziste la temperaturi în jurul a 1000°C și să aibă randamente de peste 10%, eventual chiar 25—30%.

Astăzi, datorită cercetărilor făcute de prof. Joffe în U.R.S.S. şi de Cl. Zener în S.U.A., există posibilitatea ca anumite proprietăţi metalurgice să fie obţinute prin proiectare. Principalele proprietăţi ale unui material termoelectric se caracterizează prin parametrul z introdus de profesorul Joffe. Parametrul z are expresia :

$$z = \frac{S^2}{\rho k},$$

în care :

S este coeficientul lui Seebeck ;
ρ — rezistivitatea electrică ;
k — conductivitatea termică.

Producerea de energie electrică prin termoelectricitate este posibilă de realizat cu randamente bune pentru semiconductoare la care $z = 5 \cdot 10^{-3}$.

În tabela de mai jos se dau valorile parametrului z pentru unele materiale pentru termocuple de construcţie recentă.

Tabela 1

Material pentru termocuple	z	Zona de temperaturi
Cr — constantan	$0{,}83.10^{-4}$	0—400° C
Bi—Sb	1.10^{-3}	0—200° C
Bi—Sb, aliaje de Sn	$0{,}44.10^{-3}$	0—200° C
Zn, Sb—Bi, aliaje de Sb	1.10^{-3}	0—200° C
Zn, Sb — constantan	$0{,}7.10^{-3}$	0—200° C

Se speră să se poată realiza în aceste condiţii centrale pe bază de termoelectricitate, care să fie comparabile cu cele clasice din punct de vedere al costului kW instalat şi care să aibă un volum specific de 2 dm³/kW.

Termocuplu cu plasmă

În generatoare termonucleare este preferabil ca transferul căldurii să se facă cu fluide. În prezent progresele făcute au permis realizarea unui termocuplu cu plasmă * (fig. 4) care face posibilă transformarea directă a energiei nucleare, obţinută într-un reactor cu fisiune, în energie electrică.

Termocuplul cu plasmă se compune din carbură de uraniu, care joacă rolul primului metal, şi o plasmă de gaz de cesiu ionizat, care alcătuieşte cel de al doilea metal. Acest ansamblu este introdus într-un reactor nuclear. Carbura de uraniu este conţinută într-un vas cu diametrul de cca 6,5 mm şi lungimea de 19 mm. Ea este suspendată în centrul vasului şi e înconjurată cu cesiu. Cînd acest ansamblu este introdus în miezul unui reactor nuclear, fluxul de neutroni activează fisiunea uraniului, încălzind centrul vasului iar mediul de răcire al reactorului menţine cesiul la o temperatură mai scăzută. În acest fel sînt create condiţiile necesare funcţionării termocuplului. Termocuplul cu plasmă produce un curent de sute de ori mai mare decît al termocuplelor clasice. Elementul experimental realizat a funcţionat 12 ore cu o tensiune de 3,8 V şi un curent de scurtcircuit de 30—40 A. Se speră să se obţină şi randamente de 30%, deşi pînă în prezent nu s-a depăşit 5%.

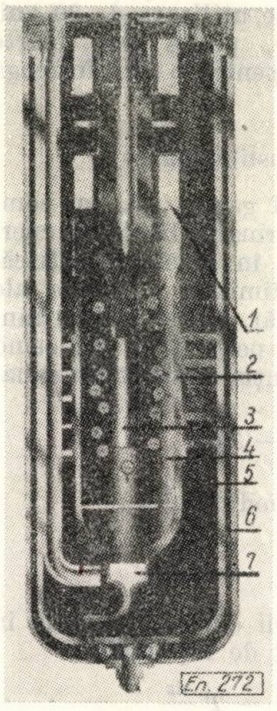


Fig. 4

Generatoare termoelectronice

Efectul termoionic de emitere de către un metal a unui flux de electroni, sub acţiunea temperaturii, a fost descoperit de Edison în 1901 şi şi-a găsit o intensă utilizare în lămpile de radio. În prezent au fost realizate generatoare termoionice de putere, care pot furniza pînă la 40 W.

Cercetările făcute în legătură cu bateriile termoelectrice au arătat că în domeniul temperaturilor peste 800°C (pentru care există în prezent materiale termoelectrice corespunzătoare, indiu, arsen, fosfor) se pot obţine avantaje prin combinarea cu un aparataj termoionic sau termoelectronic.

În 1958 Hatsopulos şi Kaye au pus la punct un nou tip de generator denumit termoelectron (fig. 5), care poate să aibă randamente între 10—30%. Se speră ca în maximum doi ani să se obţină cu celule care au o tensiune de 1 V şi puteri pînă la 500 W pe unitate.

Magnetohidrodinamica

Cercetările recente în domeniul fuziunii termonucleare au pus din nou problema producerii directe a energiei electrice utilizînd gaze conductoare. Noua ştiinţă care se ocupă cu proprietăţile fluidelor conductoare care străbat cîmpuri magnetice intense se numeşte magnetohidrodinamică (MHD.)

M.H.D. este considerată ca o ştiinţă asupra a celei de a patra stări a materiei (materia ionizată sau plasmă).

Într-o conferinţă ţinută la centrul de cercetări atomice din Harwell, fizicianul sovietic acad. I. V. Kurceatov a făcut cunoscute pentru prima oară, la 25 aprilie 1956, proprietăţile plasmei, la trecerea unui curent electric de

* Gaz ionizat.

ordinul 200—1000 kA. După cum se ştie, aceste cercetări stau la baza reacţiilor termonucleare controlate, care se crede că pot fi obţinute cu maşini de tipul Ogra, Zeta, Stella-Rator, etc.

introduc gaze încălzite într-un cîmp magnetic puternic, în coloana de gaz bună conducătoare de electricitate se induce o f.e.m. O pereche de electrozi aranjaţi pe traseu permit culegerea electricităţii sub formă de curent continuu

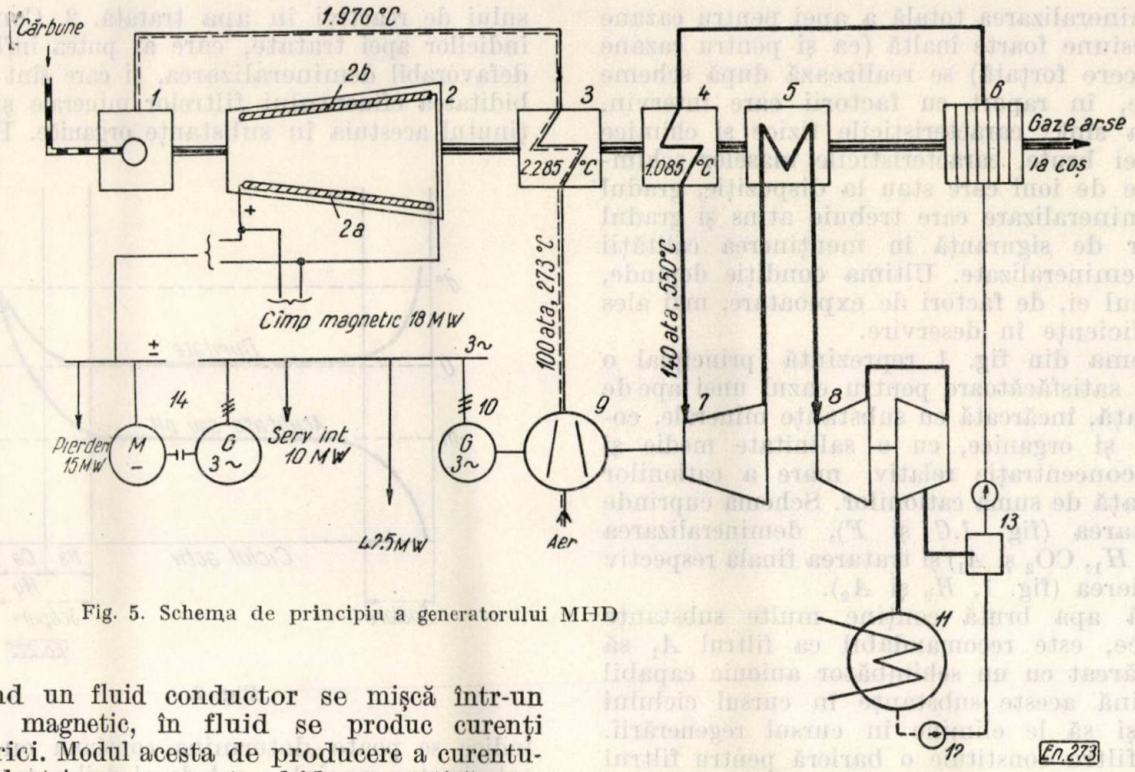


Fig. 5. Schema de principiu a generatorului MHD

Cînd un fluid conductor se mişcă într-un cîmp magnetic, în fluid se produc curenţi electrici. Modul acesta de producere a curentului electric se numeşte hidromagnetică sau dinamica plasmei. Ecuaţiile magnetohidrodinamicei constau dintr-o combinare a legilor lui Ampère, Faraday, Ohm, Navier-Stokes şi a ecuaţiei de mişcare într-un cîmp de forţe gravitaţionale şi magnetice. Dacă fluidul este compresibil (gaz), trebuie să se ia în considerare şi ecuaţia termodinamică a conservării energiei. Fenomenul fizic, descriptibil prin legile matematice arătate mai sus, este extrem de complex. Două stări limită tipice ale cîmpului magnetic pot fi încadrate în noţiunile de cîmp „difuz" şi cîmp „îngheţat" şi marchează aspecte ale structurii fenomenului care pot coexista. Complexitatea MHD se reliefează şi prin faptul că anumite mărimi simple devin relativ complicate. Astfel conductivitatea devine diferită în diverse direcţii şi capătă un caracter tensorial.

MHD este deci o nouă ramură a fizicii care a fost puţin cercetată pînă în prezent. Ceea ce are importanţă mare pentru electroenergetica industrială este însă faptul că MHD stă la baza unui proces care permite obţinerea directă a energiei electrice din gaze încălzite. Dacă se (fig. 5). Acest curent continuu este transformat într-un invertor în curent alternativ.

Aşa după cum se observă în fig. 5, gazele calde produc electricitate, temperatura lor scăzînd de la 2910°C la 2285°C. Căldura rămasă în gaze este folosită într-o serie de circuite recuperatoare şi regeneratoare. Centrala propusă poate furniza o putere de 477 MW din care cca 360 MW obţinuţi direct de la invertor şi 117 MW de la turbine. Randamentul total al instalaţiei este de 60%, consumul de căldură fiind de 1565 kcal/kWh. Ca invertor se utilizează redresori cu mercur, alimentaţi în curent continuu la 2,5 kV.

Pînă în prezent a fost încercată o instalaţie pilot de 10 kW. Estimările preliminare făcute arată că investiţiile necesare pentru realizarea instalaţiilor sînt de acelaşi ordin de mărime ca cele pentru centralele termoelectrice clasice. Randamentul global este însă superior şi anume 60% faţă de 40%, valoare maximă atinsă în centralele clasice (2100 kcal/kWh).

Observaţie. Bibliografia, cuprinzînd 39 titluri, poate fi consultată la redacţie.

Demineralizarea totală a apei

Principiile controlului în exploatare

L. STANISLAVIEVICI

Demineralizarea totală a apei pentru cazane de presiune foarte înaltă (ca şi pentru cazane cu trecere forţată) se realizează după scheme diferite, în raport cu factorii care intervin. Aceştia sînt : caracteristicile fizice şi chimice ale apei brute, caracteristicile maselor schimbătoare de ioni care stau la dispoziţie, gradul de demineralizare care trebuie atins şi gradul necesar de siguranţă în menţinerea calităţii apei demineralizate. Ultima condiţie depinde, la rîndul ei, de factori de exploatare, mai ales de deficienţe în deservire.

Schema din fig. 1 reprezintă principial o soluţie satisfăcătoare pentru cazul unei ape de suprafaţă, încărcată cu substanţe minerale, coloidale şi organice, cu o salinitate medie şi cu o concentraţie relativ mare a cationilor Na^+ faţă de suma cationilor. Schema cuprinde pretratarea (fig. *1.C* şi *F*), demineralizarea (fig. 1, H_1, CO_2 şi A_1) şi tratarea finală respectiv desilicierea (fig. 1, H_2 şi A_2).

Dacă apa brută conţine multe substanţe organice, este recomandabil ca filtrul A_1 să fie încărcat cu un schimbător anionic capabil să reţină aceste substanţe în cursul ciclului activ şi să le elimine în cursul regenerării. Acest filtru constituie o barieră pentru filtrul A_2, care este susceptibil de a suferi degradări din cauza substanţelor organice.

Partea de tratare finală poate fi completată sau, după caz, înlocuită, cu un filtru cu „pat mixt". Asemenea filtre ridică o serie de probleme atît de ordin constructiv cît şi de exploatare, dintre care citãm unele : asigurarea rezistenţei drenajului central, executarea vizoarelor şi iluminarea lor, realizarea separării paturilor şi reamestecarea lor, mecanizarea operaţiilor. Din aceste motive, asemenea filtre se execută, de regulă, numai pentru debite mici, instalaţiile de demineralizare de debit mare (la care tratarea finală se face cu „pat mixt") fiind echipate cu un număr corespunzător de astfel de unităţi.

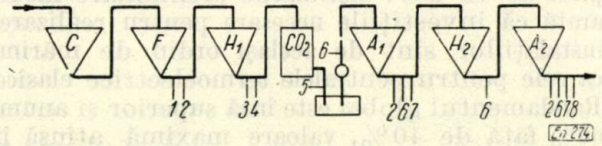


Fig. 1.

Determinări : *1* — turbiditate ; *2* — substanţe organice ; *3* — duritate ; *4* — aciditate (sau *p*H) ; *5* — bioxid de carbon ; *6* — *p*H ; *7* — conductivitate ; *8* — silice.

Pretratarea este completată, în mod judicios, cu o decarbonatare şi o desiliciere parţială. Controlul în exploatare are două aspecte :

1. Controlul periodic al adaosului corect al reactivilor, al desfăşurării reacţiilor şi al excesului de reactivi în apa tratată. 2. Controlul indicilor apei tratate, care ar putea influenţa defavorabil demineralizarea, şi care sînt : turbiditatea efluentului filtrelor minerale şi conţinutul acestuia în substanţe organice. Primul

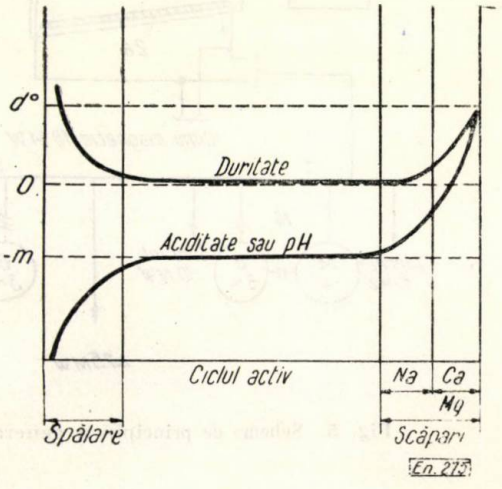


Fig. 2.

indice se poate determina continuu cu fotocolorimetre speciale ; cel de al doilea se determină periodic, prin metodele cunoscute.

Filtrele H-*cationice* (fig. 1, H_1 şi H_2) sînt încărcate cu schimbători puternic acizi. Independent de funcţia pe care o îndeplinesc, în schema aleasă — demineralizare sau tratare finală —, principiile controlului acestor filtre sînt identice (fig. 2).

Apele de spălare după regenerare prezintă la început o aciditate pronunţată şi o duritate mare, ca efect al excesului de regenerant şi al desorbţiei. La sfîrşitul spălării, aceşti indici se apropie de acei ai apei tratate ; ei rămîn la valori practic constante tot timpul ciclului activ. Aciditatea corespunde, valoric, la suma alcalinităţii apei care intră în filtrul cationic şi la anionii acizilor tari.

Cînd ciclul activ se apropie de sfîrşit, au loc scăpări de cationi în efluent. În primul rînd apar cationii Na^+, pentru care schimbătorii cationici prezintă o afinitate mai slabă decît pentru cationii Ca^{2+} şi Mg^{2+}. Mecanismul „scăpării" cationilor Na^+ este, schematic, următorul : în straturile superioare ale schimbătorului de ioni sînt reţinuţi cationii Ca^{2+} şi Mg^{2+}, iar în straturile inferioare, cationii Na^+. Pe măsură ce schimbătorul lucrează, are loc o deplasare a cationilor Na^+ din straturile succesive cu înlocuirea lor de către cationii Ca^{2+} şi Mg^{2+}. Cînd ciclul activ se apropie de sfîrşit,

în ultimile straturi sînt adsorbiți cationii Ca^{2+} și Mg^{2+} iar cationii Na^{+} sînt desorbiți și apar în apa efluentă.

Scăpări accentuate de cationi Na^{+} au loc și după o regenerare incompletă a schimbătorului. În acest caz, numărul de grupuri active este mai redus, iar ele fiind solicitate de preferință de cationii Ca^{2+} și Mg^{2+}, cationii Na^{+} vor trece, nereținuți, în număr mai mare în efluent, celelalte condiții de funcționare ale filtrului fiind neschimbate.

În această situație, duritatea efluentului — în ciclu activ — prezintă încă valoarea redusă, în schimb aciditatea scade, deoarece cationii Na^{+} apar ca săruri (NaCl, Na_2SO_4, etc), în dauna unei cantități echivalente de acid. Valoarea *p*H marchează, ca o consecință, o creștere corespunzătoare. Urmările unei astfel de funcționări sînt: îngreunarea eliminării CO_2 în degazor; efluent alcalin în filtrele anionice slab bazice; suprasolicitarea filtrului H_2.

În momentul scăpării cationilor Ca^{2+} și Mg^{2+}, duritatea efluentului crește și ea. Aciditatea continuă să scadă, iar valoarea *p*H să crească.

La limită, adică la epuizarea totală a schimbătorului, duritatea, aciditatea și *p*H ating valorile pe care le are apa care intră în filtru. În exploatare, nu se atinge însă niciodată acest caz extrem.

Filtrul cationic treapta a II-a (fig. 1. H_2) așezat după un filtru anionic slab bazic, poate primi de la acesta o apă mai acidă în cazul scăpărilor de anioni (fig. 4. b). Ca urmare, în straturile superioare ale schimbătorului cationic are loc o autoregenerare parțială; aceasta nu dă însă loc la modificări calitative ale efluentului, atîta timp cît schimbătorul cationic este încă activ. Cationii deslocuiți de către acid, în straturile superioare, sînt adsorbiți în continuare, în straturile inferioare.

Pentru filtrul H-cationic din treapta I-a, duritatea efluentului nu este un criteriu suficient de precis pentru controlul funcționării sale; pentru filtrul cationic din treapta a II-a nu este nevoie de regulă de controlul durității.

Conductibilitatea electrică specifică (conductivitatea) nu dă indicații destul de exacte asupra evoluției funcționării filtrelor cationice.

Controlul în exploatare cuprinde următoarele determinări automate.

Pentru filtrul din treapta I-a: *p*H și duritatea.

Pentru filtrul din treapta II-a: *p*H.

Controlul periodic, cu metode analitice trebuie să cuprindă pe lîngă verificarea exactității indicațiilor aparatelor automate — valabilă pentru toate filtrele din schema de demineralizare — la filtrul cationic din treapta I-a și determinarea acidității efluentului, prin titrare.

Degazorul de bioxid de carbon, care elimină acidul carbonic din efluentul filtrului cationic, treapta I-a, are o eficiență care depinde de o serie de factori, de ordin constructiv și de exploatare. Din ultima categorie citățm: aciditatea minerală a apei supusă degazării,

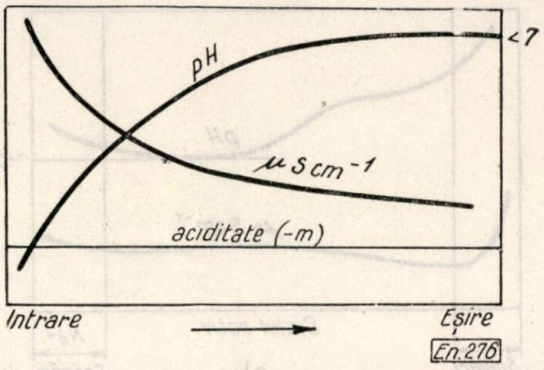


Fig. 3.

temperatura apei și a mediului înconjurător și conținutul în bioxid de carbon al aerului care se insuflă. Mărimea indicilor calitativi ai apei degazate variază, deci, de la caz la caz.

Aciditatea apei, exprimată prin valoarea negativă m, nu variază practic, în cursul degazării; conductibilitatea electrică specifică și valoarea *p*H, influențate direct de conținutul în CO_2 al apei, marchează variații corespunzătoare acestui conținut în cursul trecerii apei prin degazor, cu tendințe spre o valoare de echilibru (fig. 3). Valorile finale ale acestor indici depind de gradul de degazare realizat.

Deoarece acidul carbonic, dizolvat în apă este destul de instabil, un control continuu, automat, al valorii *p*H și al conductibilității electrice specifice nu este necesar.

Regimul de funcționare al degazorului se controlează prin determinări periodice de CO_2, cu metode titrimetrice, la ieșire din degazor și prin măsurarea — de preferință continuă — a valorii *p*H, la intrarea în filtrul anionic slab bazic (eventual din rezervorul apei degazate).

Filtrele anionice slab bazice, înseriate în schema de demineralizare, prezintă în timpul funcționării variații ale calității efluentului condiționate de: a) epuizarea schimbătorului cationic din filtrul premergător și b) epuizarea schimbătorului anionic însuși.

În primul caz schimbătorul cationic lasă să treacă Na^{+} (sub formă de săruri). Schimbătorul anionic fiind activ, reține anionii acestor săruri de sodiu cu formarea cantității echivalente de NaOH. Alcalinitatea apei care iese din filtrul anionic se mărește (fig. 4, *a*); de asemenea crește, dar mai încet, conductibilitatea electrică specifică, avînd în vedere că hidroxidul de sodiu are o conductivitate destul de mare, dar că concentrația lui este mică.

În cazul al doilea, apar în efluentul filtrului anionic anioni Cl^{-} și uneori simultan și anioni $SO^{2}_{4}{}^{-}$ (ambii ca acizi) în funcție de afinitatea

schimbătorului pentru aceşti ioni. Apa devine mai acidă; valoarea pH scade, iar conductibilitatea electrică specifică creşte destul de repede, din cauza mediului acid (fig. 4, *b*).

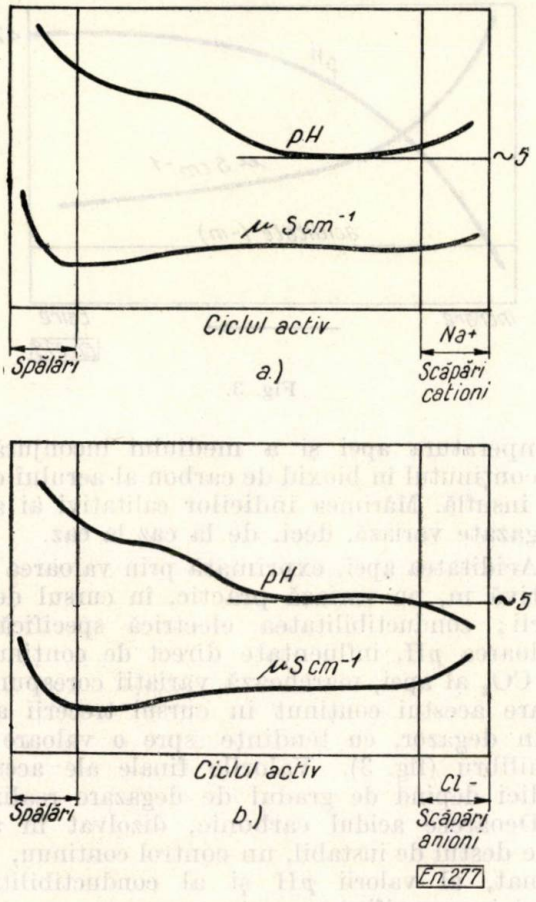


Fig. 4.

În ambele cazuri, aceşti indici permit sesizarea certă a sfîrşitului ciclului activ.

Pentru controlul continuu, automat, serveşte în primul rînd măsurarea valorii pH, completată cu măsurarea conductibilităţii electrice specifice.

Periodic se determină, cu metodele cunoscute, conţinutul în substanţe organice din apa de la ieşirea filtrului. Comparînd valoarea găsită cu aceea din apa filtrată (fig. 1, *F*) determinate simultan şi riguros în aceleaşi condiţii, se stabileşte gradul de reţinere a acestor substanţe de către schimbătorul anionic slab bazic. În acest mod se cunosc şi condiţiile în care lucrează — în ce priveşte substanţele organice — schimbătorul anionic puternic bazic, putîndu-se prevedea anumite neajunsuri şi lua din timp măsuri de remediere.

Filtrele anionice puternic bazice, încadrate în schemele de demineralizare totală, la finisare, dau un efluent ale cărui caracteristici calitative variază în timpul funcţionării, legate de: a) scăpări de cationi ale filtrului cationic precedent (şi el tot un filtru de finisare) şi b) scăpări de anioni ale filtrului anionic însuşi.

În cazul a) cationii Na^+, care scapă primii, apar sub formă de săruri. Anionii acestor săruri sînt reţinuţi de filtrul anionic, ceea ce conduce la apariţia de NaOH; efluentul îşi măreşte alcalinitatea (fig. 5, *a*). Valoarea pH creşte, de asemenea şi conductivitatea, dar relativ mai încet. O creştere accentuată o arată conţinutul în silice, determinată de mediul tot mai alcalin, care reduce eficienţa adsorbţiei acizilor slab disociaţi.

Cînd schimbătorul anionic îşi termină ciclul activ, cazul b), apar scăpări de anioni ai acizilor slabi, în special SiO_3^{2-}. Alcalinitatea efluentului scăzînd, valoarea pH scade (fig. 5, *b*). Conductivitatea scade la început, deoarece conductivitatea silicei este mai mică decît a ionilor pe care îi înlocuieşte; cînd scăpările de silice cresc, creşte şi conductivitatea. Conţinutul în silice al efluentului prezintă o creştere continuă în tot acest timp.

Cînd scapă şi alţi anioni, indicii menţionaţi arată, în sensul indicat, o variaţie mai accentuată; asemenea situaţii nu trebuie să apară însă în exploatare normală.

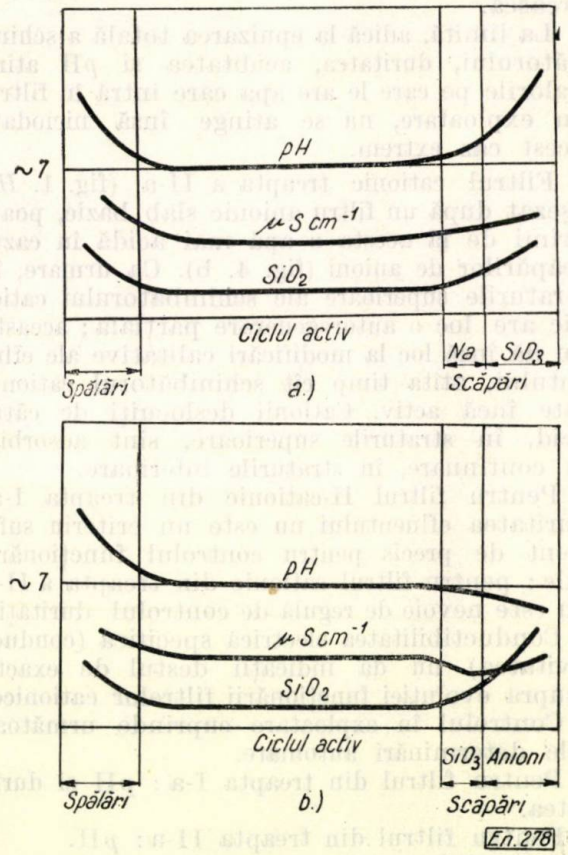


Fig. 5.

Pentru controlul continuu, automat, al funcţionării filtrului anionic servesc valoarea pH, conductivitatea şi silicea.

În cazul lipsei unui silicometru, se va determina, periodic, cu metodele cunoscute, conținutul în silice din efluent.

Caracteristicile efluentului din *filtrul mixt* vor varia, în linii generale, conform diagramelor din fig. 5. Dacă schimbătorul cationic lasă să scape cationi Na^+ (sub formă de săruri) schimbătorul anionic, care este încă activ, va reține anionii respectivi, iar în efluent va apare NaOH. Indicii *p*H, SiO_2 și conductivitatea vor prezenta o creștere, conform fig. 5, *a*.

Dacă și schimbătorul anionic din filtrul mixt nu mai este activ, efluentul nu va conține NaOH, ci sărurile respective de sodiu. În exploatare acest lucru nu trebuie să se întîmple, deoarece în acest caz scăpările de silice ar fi inadmisibil de mari; acizii slab disociați fiind desorbiți înaintea acizilor puternic disociați (fig. 5,b), cationii Na^+ vor apare în efluent, la început, exclusiv sub formă de silicat de sodiu.

Caracteristica principală pe baza căreia se efectuează controlul unui filtru cu pat mixt este conținutul în silice, determinat de preferință continuu, automat, sau în lipsa unui silicometru, periodic, prin metodele analitice cunoscute.

Pentru a controla dacă filtrul anionic puternic bazic nu suferă o impurificare ireversibilă datorită substanțelor organice, se impune determinarea acestora în efluent. Conținutul găsit trebuie să fie practic egal cu acela din efluentul filtrului anionic slab bazic; altfel înseamnă că filtrul anionic puternic bazic reține substanțe organice, care ar putea provoca neajunsuri asupra materialului schimbătorului. Acest efect depinde însă de natura acestor substanțe, căci nu toate acționează în același mod asupra rășinilor sintetice din care sînt constituiți acești schimbători.

Controlul substanțelor organice se impune și pentru a preveni înrăutățirea calitativă a apei demineralizate și urmările defavorabile asupra exploatării cazanelor.

În cazul substanțelor acide — de natura huminelor — valoarea *p*H marchează o scădere, conductivitatea și silicea în schimb cresc (fig. 6).

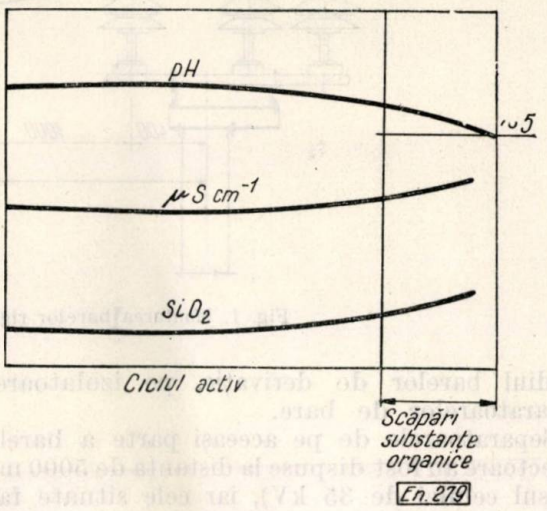


Fig. 6.

Controlul chimic se execută periodic cu metodele cunoscute, în raport cu rezultatele obținute la filtrul anionic slab bazic.

Utilizarea barelor rigide în stațiile exterioare de 35 kV

Ing. *B. STOLERU*, ing. *O. TENEA*

Eforturile continue și organizate, depuse de inginerii și tehnicienii Direcției Generale a Energiei Electrice, în vederea realizării unor instalații electroenergetice mai economice, la un nivel tehnic înaintat, au condus la adoptarea unor soluții remarcabile prin tehnicitatea și economicitatea lor. În domeniul stațiilor electrice de transformare, concepțiile de proiectare au înregistrat o evoluție rapidă, în sensul îmbunătățirii progresive a soluțiilor din toate punctele de vedere.

În cele ce urmează se va prezenta o nouă dispoziție a barelor colectoare din stațiile exterioare de 35 kV, care a fost propusă de ISPE și experimentată, cu rezultate foarte bune, de întreprinderea Nr. 1-TCME.

Soluția obișnuită pentru realizarea barelor colectoare în stațiile exterioare de 35 kV constă în utilizarea de conductoare flexibile, suspendate pe cadre de beton armat, prin intermediul lanțurilor de izolatoare. În unele cazuri se utilizează și conductoare rigide, din bară sau țeavă, dispuse în plan orizontal și fixate, prin intermediul izolatoarelor rigide, fie pe suporți de beton armat (U.R.S.S., S.U.A. etc.), fie pe stelaje metalice.

În țara noastră s-au utilizat, pînă în prezent, numai bare colectoare din conductoare flexibile.

Dat fiind că izolatoarele separatoarelor de 35 kV sînt capabile să susțină barele colectoare și barele de derivație, atît în regim normal

cît şi în regim de suprasarcină, s-a elaborat proiectul de execuţie pentru o staţie de 35 kV avînd bare rigide, dispuse după muchiile unei prisme triunghiulare şi susţinute, prin intermediul barelor de derivaţie, pe izolatoarele separatoarelor de bare.

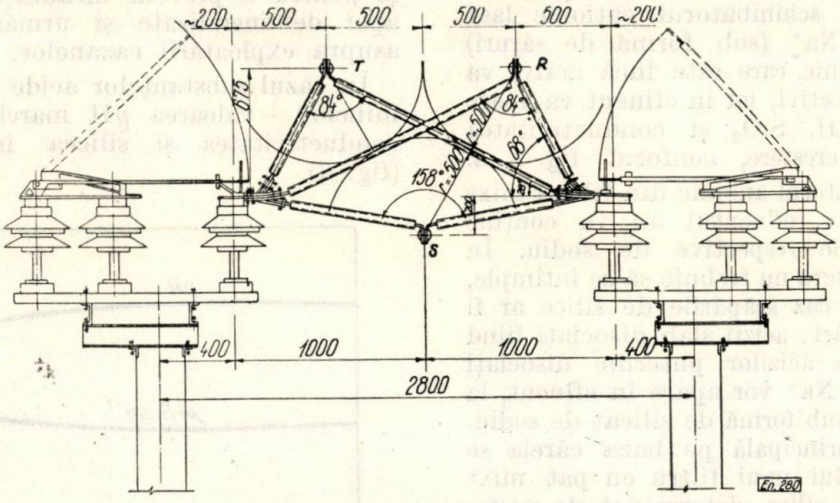


Fig. 1. Montarea barelor rigide pe bornele separatoarelor de 35 kV.

Separatoarele de pe aceeaşi parte a barelor colectoare au fost dispuse la distanţa de 5000 mm (pasul celulei de 35 kV), iar cele situate faţă în faţă, de o parte şi alta a barelor colectoare, la distanţa de 2800 mm între axele suporţilor de susţinere. Această dispoziţie a barelor (fig. 1) a permis :

— eliminarea suporţilor (metalici sau de beton armat) şi a izolatoarelor rigide, necesare în cazul dispoziţiei barelor în plan orizontal;

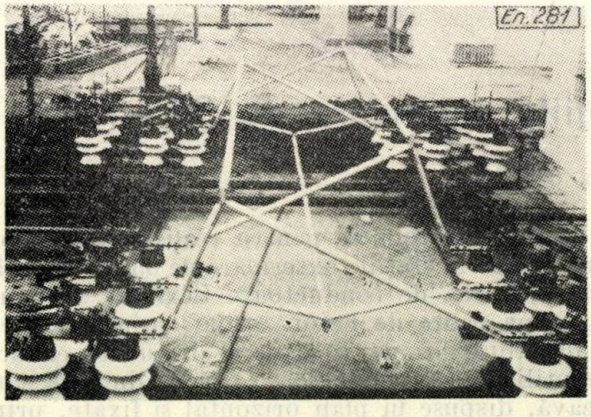


Fig. 2. Dispoziţia generală a barelor rigide montate pe bornele separatoarelor de 35 kV (execuţie experimentală).

— reducerea suprafeţei de teren ocupate de staţie, prin apropierea separatoarelor de bare;

— prefabricarea montajului barelor colectoare şi reducerea duratei de execuţie a lucrărilor.

Dispoziţia barelor în sistemul descris a fost realizată experimental (fig. 2) pentru o deschidere corespunzătoare pasului unei celule. Probele efectuate au demonstrat deplina siguranţă a sistemului de bare atît în regim normal cît şi în regim de suprasarcină.

Barele colectoare, inclusiv derivaţiile (care servesc şi pentru susţinerea barelor colectoare), au fost realizate din ţeavă de aluminiu t — — 40 × 5 STAS 524 — 49 Al 99,5%. Lipsa unor cleme de legătură şi de derivaţie corespunzătoare a condus la necesitatea adoptării altor sisteme de îmbinare. Pentru realizarea legăturilor în prelungire şi în derivaţie dintre ţevile de aluminiu, cum şi pentru fixarea derivaţiilor pe bornele separatoarelor, s-au utilizat suprafeţe plane, obţinute prin sudarea la capătul ţevilor a unor bare dreptunghiulare de aluminiu, de dimensiuni corespunzătoare. Prin aceasta, toate îmbinările s-au putut realiza cu şuruburi, în condiţii obişnuite.

Îmbinarea în prelungire a barelor aferente a 2 celule vecine se realizează fie direct, prin suprapunerea barelor dreptunghiulare de la extremităţile ţevilor, fie prin piese intermediare (eclise) de aluminiu care oferă posibilitatea preluării unor erori constructive în sens longitudinal.

Compensarea dilatării barelor, la două deschideri de cîte 5000 mm, este realizată prin elasticitatea barelor de derivaţie de la capete. Pentru mai mult de două deschideri, se recomandă o fixare liberă (neîncastrată) cu legături flexibile (eventual sudate) între derivaţii şi barele colectoare.

În scopul preluării eventualelor erori provenite constructiv la amplasarea suporţilor de separatoare, şi pentru a mări modulul de rezistenţă al bornei separatorului S TE-35, derivaţiile au fost fixate de bornele separatoarelor prin intermediul a două eclise : una din bară de aluminiu şi alta din bară de oţel.

Adoptarea dispoziției descrise a condus la o reducere a costului barelor colectoare cu cca 70% față de soluția cu bare flexibile și cu cca. 45% față de soluția cu bare rigide dispuse în plan orizontal.

și posibilă generalizarea acestei dispoziții constructive la toate stațiile de 35 kV cu bare simple și examinarea posibilităților de extindere a sistemului și la stațiile cu tensiuni superioare.

SECȚIUNE I-I

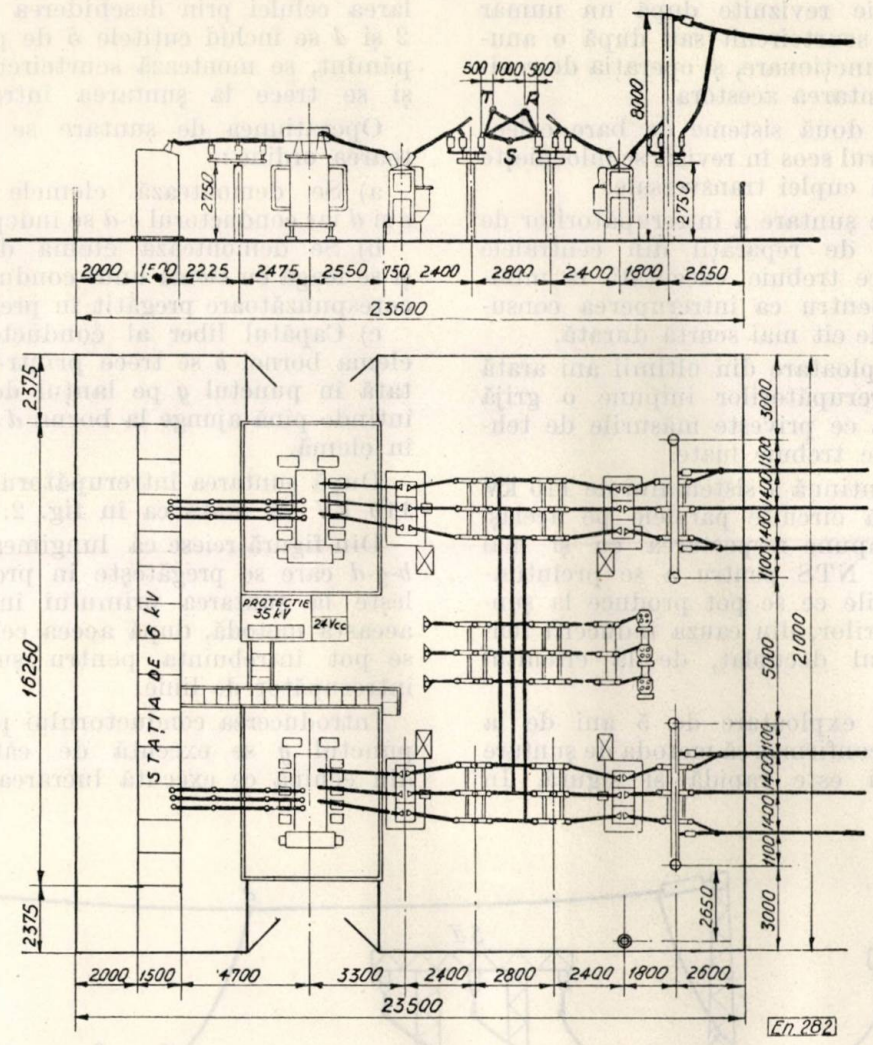


Fig. 3. Stație de transformare 35/6 kV, 2 × 5000 kVA, cu bare rigide.

În baza rezultatelor experimentale obținute, sistemul de dispoziție a barelor rigide de 35 kV, descris mai sus, a fost aprobat de Comisia de tipizări DGEE și, ca urmare, el a fost introdus în proiectele tip de stații de transformare de 35/6 și 35/15/6 kV cu două transformatoare (fig. 3). În etapa actuală se consideră oportună

Bibliografie

[1] Dvoschin L.: *Kompanovchi i construcții raspredelitelnih ustroistv vtsocogo napreajenia.* — Gosenergoizdat 1960.

[2] Lazarev S.: *Podstanții* 35/6—10 kV iz *crupnih blocov* — Promișlenaia energhetica Nr. 4/1959.

[3] Cernev K.: *Novaia construcția otcritogo raspredelitelnogo ustroistva* 115 kV. — Energohozeaistvo za rubejom Nr. 1/1960.

O metodă rapidă de şuntare a întrerupătoarelor MKP—110 la liniile aeriene de 110 kV

Ing. *GH. PĂTRAŞCU*

După cum se ştie întrerupătoarele liniilor de 110 kV trebuie revizuite după un număr de declanşări la scurtcircuit sau după o anumită durată de funcţionare, şi operaţia de revizuire necesită şuntarea acestora.

La staţiile cu două sisteme de bare colectoare întrerupătorul scos în revizie se înlocuieşte cu întrerupătorul cuplei transversale.

Operaţiunea de şuntare a întrerupătorilor de către personalul de reparaţii din centralele şi staţiile electrice trebuie executată în minimum de timp pentru ca întreruperea consumatorilor să fie de cît mai scurtă durată.

Practica de exploatare din ultimii ani arată că şuntarea întrerupătorilor impune o grijă deosebită în ceea ce priveşte măsurile de tehnica securităţii ce trebuie luate.

Dezvoltarea continuă a sistemului de 110 kV a făcut să apară circuite paralele pe aceiaşi stîlpi, ceea ce impune respectarea cu şi mai mare stricteţe a NTS pentru a se preîntîmpina electrocutările ce se pot produce la şuntarea întrerupătorilor, din cauza inducerii tensiunii în circuitul decuplat, de la circuitul în funcţiune.

Experienţa de exploatare de 5 ani de la CTE Paroşeni a confirmat că metoda de şuntare întrebuinţată aci este rapidă şi sigură. În timpul operaţiei de şuntare personalul nu este expus pericolului de electrocutare în cazul nerespectării stricte a ordinei operaţiunilor.

În cele ce urmează este prezentată pe scurt această metodă :

În figura 1 este redată schematic celula unei linii de 110 kV.

După decuplarea întrerupătorului *3* şi izolarea celulei prin deschiderea separatorilor *1*, *2* şi *4* se închid cuţitele *5* de punerea liniei la pămînt, se montează scurtcircuitorul mobil *K* şi se trece la şuntarea întrerupătorului *3*.

Operaţiunea de şuntare se face în următoarea ordine :

a) Se demontează clemele de la bornele *c* şi *d* iar conductorul *c-d* se îndepărtează (fig. 1).

b) Se demontează clema de la borna „b" şi se leagă cu clema unui conductor de lungime corespunzătoare pregătit în prealabil.

c) Capătul liber al conductorului legat de clema bornei *b* se trece printr-o brăţară montată în punctul *g* pe lanţul de izolatori şi se întinde pînă ajunge la borna *d* unde se fixează în clemă.

După şuntarea întrerupătorului, celula liniei 110 kV va arăta ca în fig. 2.

Din figură reiese că lungimea conductorului *b-g-d* care se pregăteşte în prealabil se stabileşte la şuntarea primului întrerupător prin această metodă, după aceea cele trei cordoane se pot întrebuinţa pentru şuntarea oricărui întrerupător de linie.

Introducerea conductorului prin brăţara din punctul *g* se execută de către o persoană din echipa ce execută lucrarea.

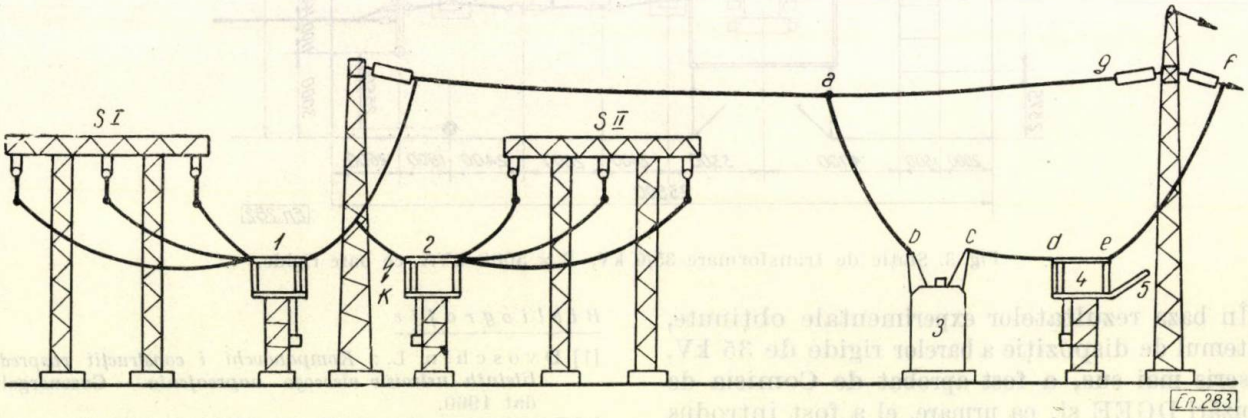


Fig. 1.

Deşuntarea întrerupătorului se face în următoarea ordine :

a) Se demontează conductorul din clema *d* şi se leagă de o frînghie.

b) Se slăbeşte încet întinderea conductorului, care sub acţiunea greutăţii celor două cleme din punctul *b* alunecă singur în jos.

c) Se demontează clemele din punctul *b* şi conductorul întrebuinţat pentru şuntare se îndepărtează, iar la întrerupător şi separatorul de linie se fac legăturile iniţiale (fig. 1).

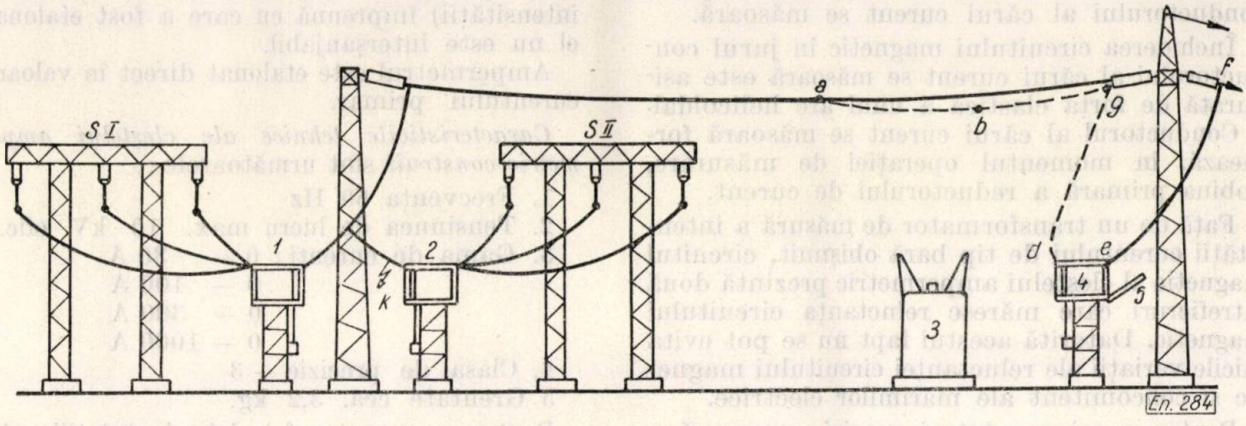


Fig. 2.

Operaţiile de şuntare şi deşuntare a întreruptătorilor liniilor de 110 kV, prezentate, prezintă următoarele avantaje:

a) şuntarea celor trei faze se execută în 30—40 min, iar deşuntarea în 20 min;

b) în timpul operaţiilor de şuntare sau deşuntare nu sînt necesare măsuri suplimentare de tehnica securităţii, porţiunea celulei de linie la care se lucrează fiind pusă la pămînt din ambele părţi;

c) porţiunea de conductor *e-f* şi cuţitele de punere la pămînt *5* nu sînt afectate cu nimic, ceea ce exclude scoaterea din greşeală de la pămînt a liniei.

După cum se vede, toate manevrele sînt clare şi nu pot duce la confuzii sau greşeli, iar durata întregii operaţii poate fi suficient de scurtă în condiţiile unor lucrări bine organizate.

IN AJUTORUL EXPLOATĂRII

Cleştele ampermetric realizat de întreprinderea I.R.M.E.

Ing. *M. CIGUSIEVICI*

Pentru a satisface cerinţele exploatării instalaţiilor electrice din staţiile şi centralele electrice, în cadrul întreprinderii IRME a fost realizat pentru prima dată în ţară un tip de cleşte ampermetric.

Ţinînd seama de posibilităţile de realizare constructivă, a fost ales tipul de cleşte ampermetric cu bobină cu prize şi ampermetru magnetoelectric cu redresor.

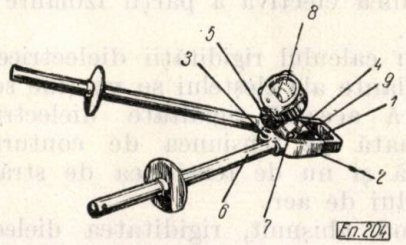


Fig. 1.

Cleştele ampermetric construit de IRME este un aparat care permite măsurarea intensităţii curenţilor alternativi ce trec prin conductori rigizi şi prin cable monofazice, fără a întrerupe conductorul sau cablul, deci fără o întrerupere a exploatării.

Aparatul funcţionează pe principiul unui reductor de curent de tip bară, însă la a cărui înfăşurare secundară a fost racordat un ampermetru.

Cleştele ampermetric se compune din următoarele părţi principale

1. Miezul transformatorului.
2. Armăturile metalice neferoase în care sînt fixate cele două jumătăţi ale miezului transformatorului.
3. Bobina cleştelui ampermetric.
4. Caseta bornelor.
5. Braţele izolante ale cleştelui cu rondelele de siguranţă.
6. Arcul helicoidal ce asigură închiderea miezului magnetic.
7. Ampermetrul cleştelui.

Miezul transformatorului de curent este lamelar construit din tablă silicioasă de transformator.

Circuitul magnetic, de formă dreptunghiulară, este secționat după o diagonală în 2 părți. Acestea sînt montate în 2 armături neferoase îmbinate printr-o articulație ce permite deschiderea și închiderea miezului magnetic, în jurul conductorului al cărui curent se măsoară.

Închiderea circuitului magnetic în jurul conductorului al cărui curent se măsoară este asigurată de forța elastică a unui arc helicoidal.

Conductorul al cărui curent se măsoară formează, în momentul operației de măsurare, bobina primară a reductorului de curent.

Față de un transformator de măsură a intensității curentului de tip bară obișnuit, circuitul magnetic al cleștelui ampermetric prezintă două întrefieruri care măresc reluctanța circuitului magnetic. Datorită acestui fapt nu se pot evita micile variații ale reluctanței circuitului magnetic și concomitent ale mărimilor electrice.

Pentru a asigura totuși precizia necesară a măsurătorilor, au fost luate o serie de măsuri ca :

a) Arcul helicoidal a fost calculat și construit pentru a realiza forța elastică necesară a asigura un întrefier minim între suprafețele de îmbinare a celor 2 jumătăți ale miezului magnetic.

b) Suprafețele de îmbinare a celor 2 jumătăți ale miezului magnetic sînt șlefuite, astfel că se realizează suprafețe perfect plane a căror suprapunere lasă un întrefier minim.

c) De asemenea pentru a realiza o suprapunere perfectă a suprafețelor de îmbinare de la întrefieruri, cele două părți ale circuitului magnetic au fost fixate în armăturile lor neferoase în următorul mod :

— o parte a miezului magnetic a fost fixată rigid în armătura metalică neferoasă ;

— cealaltă parte a miezului magnetic are o mobilitate limitată în 2 plane perpendiculare, față de armătura metalică neferoasă.

Aceasta permite ca suprafețele de îmbinare ale părții mobile de miez magnetic să se așeze (să se aranjeze) suprapunîndu-se perfect peste suprafețele de îmbinare ale părții fixe de miez magnetic.

d) În timpul exploatării, suprafețele de îmbinare la întrefieruri se vor curăți de orice corpuri străine și se va da atenție împotriva loviturilor care pot provoca deformații permanente ale acestor suprafețe.

Pe partea rigidă a miezului magnetic este montată bobina cleștelui ampermetric.

Această bobină are patru prize ce sînt fixate pe placa izolantă a casetei bornelor.

Cele 4 prize ale bobinei realizează 4 domenii de măsură ale cleștelui ampermetric :

0 — 30 A
0 — 100 A
0 — 300 A
0 — 1000 A

Ampermetrul folosit este de tip magnetoelectric, cu redresor și pe el sînt trasate 4 scale, corespunzătoare domeniilor de măsură.

Acest ampermetru corespunde numai cleștelui (partea de transformator de măsură a intensității) împreună cu care a fost etalonat ; el nu este interșanjabil.

Ampermetrul este etalonat direct în valoarea curentului primar.

Caracteristicile tehnice ale cleștelui ampermetric construit sînt următoarele :

1. Frecvența 50 Hz
2. Tensiunea de lucru max. 10 kV efic.
3. Gama de curenți : 0 — 30 A
   0 — 100 A
   0 — 300 A
   0 — 1000 A
4. Clasa de precizie — 3
5 Greutate cca. 3,2 kg.

Pentru a se putea folosi în instalațiile pînă la 10 kV inclusiv, cleștele ampermetric a fost prevăzut cu 2 brațe izolante din tuburi de pertinax de calitate.

Pe fiecare tub sînt fixate 2 rondele de siguranță care împiedică operatorul de a prinde brațele izolante de partea ce servește ca izolație față de tensiunea înaltă.

Lungimea părții izolante a acestor brațe de pertinax între partea activă (armăturile nefe-

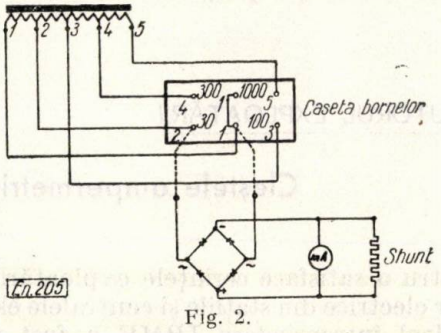


Fig. 2.

roase ale miezului magnetic) și rondelele de siguranță este astfel dimensionată încît asigură izolația necesară la proba de 42 kV ef. timp de 1 minut, conform normelor în vigoare (NTS).

Lungimea efectivă a părții izolante este de 380 mm.

Pentru calculul rigidității dielectrice a brațelor izolante ale cleștelui se va ține seama de faptul că această rigiditate dielectrică este determinată de tensiunea de conturnare pe suprafață și nu de tensiunea de străpungere a spațiului de aer.

În mod obișnuit, rigiditatea dielectrică a distanțelor de conturnare pe suprafețele dielectricilor solizi este mai mică decît rigiditatea aerului curat, pe aceeași lungime de electrozi pentru electrozii ac — ac.

Deoarece determinarea tensiunii de conturnare pe suprafață se face mai greu prin calcul, pentru alegerea distanței nepericuloase s-au

folosit datele experimentale arătate în cartea „Calculul și construcția aparatajului de înaltă tensiune" de V. V. Mihailov. După aceste date, tensiunea de conturnare la pertinax pe distanță de 60 mm este de 44 kV ef.

Deoarece această tensiune depinde de starea suprafeței pe care se produce conturnarea, de prezența umezelii și a impurităților, s-a aplicat un coeficient de siguranță, fixînd lungimea părții izolante la valoarea de 380 mm (coef. sig. = 380/44 ≃ 8,6).

Una din condițiile principale pe care trebuie să le îndeplinească un cleşte ampermetric a fost să se asigure o mînuire cît mai ușoară a acestuia, să fie de greutate minimă.

Ținînd seama de aceste condiții, brațele cleștelui au fost executate din tuburi de pertinax și nu din material compact, iar armăturile neferoase și caseta bornelor s-au executat din silumin — un aliaj ușor al aluminiului — care posedă de asemenea calitatea de a fi rezistent la uzura prin frecare, este nedeformabil (vezi aluminiu care este foarte moale) și are rezilienta necesară pentru a nu fi casant la șocuri și lovituri.

De asemenea, în același scop, s-a ales un ampermetru de greutate și gabarit reduse.

Experimentarea metodei luminiscenței pentru detectarea neetanșeităților la condensatoarele turbinelor cu abur din CTE Grozăvești

Ing. *FR. SCHLOTER** și ing. *I. GROSS***

Pentru a elimina dezavantajele metodelor cunoscute în centralele din țară care nu dau rezultate concludente, s-a experimentat o nouă metodă pe baza luminiscenței fluoresceinei sub acțiunea razelor ultraviolete, cunoscută din literatura tehnică.

Această metodă a permis determinarea unor scăpări extrem de fine, lucru foarte important pentru ciclul de înaltă presiune al centralei Grozăvești.

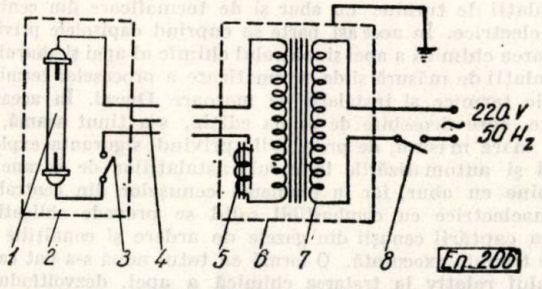


Fig. 1. Schema de principiu a lămpii cu raze ultraviolete: *1* — lampă de cuarț; *2* — suportul lămpii; *3* — întrerupător; *4* — conductor de punere la pămînt; *5* — bobină de șoc; *6* — cutia transformatorului de rețea; *7* — transformatorul de rețea; *8* — întrerupător.

Luminiscența s-a observat deja la o concentrație extrem de mică a fluoresceinei în apă. Prin experiențe de laborator, s-a stabilit concentrația optimă de cca 8—9 g fluoresceină pe m^3 apă. De exemplu, pentru condensatorul unei mașini de 25 MW, cu un volum de cca. 38 m^3, în spațiul de condensat, s-au introdus 300 g de fluoresceină.

Deoarece fluoresceina este o sare greu solubilă în apă, s-a făcut această dizolvare în prezența hidratului de sodiu (NaOH) concentrat într-o proporție de 1/1 față de fluoresceină.

S-a stabilit experimental că cea mai bună amestecare are loc dacă se dizolvă în prealabil fluoresceina, într-un vas cu circa 15 litri apă, și se toarnă toată soluția fluoresceină — hidrat de sodiu — apă în condensator. Amestecarea soluției cu restul de apă s-a asigurat prin pornirea pompei de condensat și recircularea apei din condensator timp de 30 minute.

Unde recirculația nu este posibilă din motive tehnice, se poate turna soluția în condensatorul umplut cca. 1/4 cu apă și apoi se trece mai departe la umplerea condensatorului, ceea ce asigură un amestec suficient.

Ca sursă de raze ultraviolete, s-a întrebuințat o lampă cu bec de tip PRK-4, cu două filtre suprapuse UG-4 și BG-19, care sînt necesare primul pentru eliminarea razelor luminoase care ar îngreuna detectarea și al doilea pentru eliminarea razelor dure, permițînd trecerea numai a razelor cu lungimea de undă de 320—400 MM.

Încercarea s-a făcut în interiorul condensatorului, acoperindu-se gurile de vizitare pentru a nu pătrunde lumina, ceea ce ar îngreuna observarea.

În timpul probelor este necesar să se respecte normele de tehnica securității. Este foarte important să se protejeze ochii contra efectului razelor ultraviolete. De asemenea, este necesar a se urmări ca razele să nu cadă asupra părților descoperite ale corpului.

Se recomandă legarea instalației printr-un transformator despărțitor (fig. 1), cu coeficientul de transformare 1 :1. Deoarece lampa funcționează la 110 sau 220 V, s-a făcut experiența

* CTE Grozăvești
** IRME

în cizme și cu mănuși dielectrice, legîndu-se toată instalația la pămînt.

Înainte de probă s-a curățat condensatorul și s-a spălat cu apă.

Totodată s-a făcut un control prealabil pentru a observa eventualele scăpări mari, prin care apa cu fluoresceină ar pătrunde în cantitate mai mare și ar murdări placa frontală, îngreunînd observația.

Experiența acestei metode de luminiscență în Grozăvești a arătat că apa după probe trebuie evacuată la canal, deoarece întrebuințată în continuare în circuit nu a mai permis un timp să se facă nici o probă, deoarece toată apa era luminiscentă și îngreuna probele.

În urma rezultatului bun obținut, se recomandă introducerea acestei metode la toate centralele din țară.

RECENZIE

Ministerul Industriei Grele, Direcția Generală a Energiei Electrice: Prescripții de exploatare tehnică a centralelor și rețelelor electrice. Ediția a II-a, 1960, Editat de ICSE, București, 302 pag.

În perioada de aplicare a primului plan de electrificare a R.P.R. (1950—1960), s-a simțit nevoia stabilirii unor principii de bază după care să se conducă exploatarea atît a instalațiilor energetice existente în țară, cît și mai ales a celor noi, amenajate pe baza planului de electrificare. În acest scop, s-a întocmit în anul 1953 prima ediție a „Prescripțiilor de exploatare tehnică a centralelor și rețelelor electrice" (denumite prescurtat PET), prin adaptarea prescripțiilor similare, apărute în același an în Uniunea Sovietică.

Între timp, datorită pe de o parte experienței dobîndite în exploatare, iar pe de alta progresului rapid al tehnicii în ramura industriei energiei electrice, s-a simțit nevoia reeditării acestor prescripții.

În acest scop, s-au alcătuit încă din anul 1958 colective de specialiști — cîte un colectiv pentru fiecare capitol din prescripții — care au strîns și prelucrat materialul necesar, textele astfel întocmite fiind examinate și avizate de un colectiv central al Direcției generale a energiei electrice, cele de mai mică importanță fiind totodată revizuite de recenzori specialiști, alții decît cei din colectivele citate. În sfîrșit, în 1960 noua ediție a văzut lumina tiparului.

„Prescripțiile de exploatare tehnică a centralelor și rețelelor electrice" (PET), ediția a II-a 1960, conțin în principiu un material la fel repartizat ca acel din prima ediție, și anume în șase părți, cuprinzînd :

Partea I Generalități ; Partea II Teritoriu, clădiri și construcții ; Partea III Producerea și distribuția energiei termice ; Partea IV Construcții și echipamente hidrotehnice, gospodărirea apelor la centrale electrice ; Partea V Producerea și distribuirea energiei electrice ; Partea VI Organizarea exploatării și diverse.

În cadrul acestor părți de ansamblu, prescripțiile sînt grupate în 47 capitole — de altfel ca și în prima ediție — conținînd în total 1239 paragrafe.

În partea I sînt cuprinse capitolele relative la organizarea întreprinderilor energetice, la recepția și darea în exploatare a instalațiilor energetice, la pregătirea personalului și la tehnica securității în exploatarea acelorași instalații.

Primul capitol a fost pus la curent cu noua organizare a unităților energetice din 1958, pe întreprinderi specializate, formă care se va păstra în viitor, indiferent de gruparea administrativă și de modul de tutelare a acestor unități. De asemenea, capitolul relativ la darea în exploatare a noilor instalații sau a celor reparate a fost pus la curent cu noile instrucțiuni de procedură privind încercările și recepția instalațiilor energetice, adaptate celor generale, valabile în toate ramurile industriale. În capitolul relativ la pregătirea personalului se redau principiile relative la admiterea în funcții și stagiile de probă ale personalului din exploatările energetice, la materialul normativ pe care este obligat a-l cunoaște (PET, instrucțiuni de exploatare, cunoașterea echipamentului deservit, normele de tehnica securității), organele care verifică aceste cunoștințe, organizarea instructajului pentru ridicarea nivelului tehnic în unități. În fine, capitolul relativ la tehnica securității este mult redus față de cel din ediția precedentă, și anume la enunțarea obligațiilor și răspunderilor personalului în raport cu normele de tehnica securității în vigoare.

Partea a II-a conține capitole relativ la organizarea teritoriului centralelor și stațiilor electrice, la exploatarea construcțiilor aferente acelorași instalații energetice, precum și a căilor ferate pentru deservirea lor. În capitolul relativ la teritoriu se dezvoltă, în plus față de cele prevăzute în ediția I, măsurile de luat în cazul efectuării unor lucrări de extindere pe teritoriul centralelor electrice aflate în exploatare, de asemenea în capitolul privind clădirile, construcțiile și instalațiile se dă o mai mare atenție problemei efectelor vibrațiilor asupra fundațiilor și restului construcțiilor în centralele electrice. În fine, în cadrul capitolului privind instalațiile feroviare ale centralelor electrice, s-au corelat prevederile din prima ediție cu regulamentele și instrucțiunile în vigoare ale C.F.R.

În partea a III-a a prescripțiilor sînt cuprinse capitolele relative la gospodărirea combustibilului în centralele electrice, prepararea combustibilului solid și lichid (pentru motoare Diesel), instalații de cazane cu abur, pentru captarea și evacuarea cenușii, conducte și instalații de alimentare, instalații de turbine cu abur și de termoficare din centralele electrice. În aceeași parte se cuprind capitolele privind tratarea chimică a apei și controlul chimic al apei și aburului, instalații de măsură și de automatizare a proceselor termice, rețele termice și instalații de motoare Diesel. În această parte, spre deosebire de prima ediție, s-a ținut seamă, în mai mare măsură, de prevederile privind siguranța exploatării și automatizările în cazul instalațiilor de cazane și turbine cu abur, iar în problema cenușelor din centralele termoelectrice cu combustibil solid se prevede obligativitatea captării cenușii din gazele de ardere și condițiile în care trebuie executată. O formă cu totul nouă s-a dat capitolului relativ la tratarea chimică a apei, dezvoltîndu-se în special detaliile asupra condițiilor de calitate a apei de alimentare, a apei de cazan, a leșiei vaporizatoarelor și transformatoarelor de abur, a aburului și condensatului, după principiile tehnicii noi în acest domeniu. În fine, s-au completat și pus la punct, cu experiența exploatării la noi, condițiile de exploatare ale instalațiilor cu motoare Diesel.

Partea a IV-a conține capitolele referitoare la construcțiile hidrotehnice, echipamentul mecanic al amenajărilor hidrotehnice, instalațiile de turbine hidraulice, gospodărirea apei în centrale electrice, turnuri de răcire și bazine de stropire, deservire hidrologică și meteorologică a centralelor electrice. În cuprinsul acestei părți s-a completat în primul rînd capitolul construcțiilor hidrotehnice cu condițiile ce trebuie avute în vedere încă de la proiectare și cu regulile speciale de tehnica securității aplicabile acestor construcții. De asemenea s-au revizuit în mod detaliat capitolele privind echipamentul mecanic și turbinele hidraulice, cu o atenție specială acordată automatizărilor și măsurilor de exploatare aplicabile fiecărui tip de turbine utilizate în practică. Capitolul intitulat „Gospodărirea apelor în centrale electrice", înlocuind pe cel denumit „Regimul centralelor electrice" din prima ediție, a luat în considerare problema utilizării complexe a apelor, iar în capitolul asupra deservirii hidro-

logice şi meteorologice, s-au pus de acord prevederile acestuia cu posibilităţile efective ale unităţilor energetice.

În partea a V-a a prescripţiilor sînt cuprinse capitolele privind: generatoare şi compensatoare sincrone, motoare electrice, transformatoare, instalaţii electrice de distribuţie, de curent continuu, de protecţie prin relee, automatizări şi telecomenzi, tablouri şi camere de comandă şi supraveghere, iluminat, legarea la pămînt a instalaţiilor electrice. Tot în această parte sînt cuprinse capitolele relative la: protecţia contra supratensiunilor, linii aeriene de energie electrică, cu tensiuni peste 1000 V, reţele de cabluri electrice subterane, telecomunicaţii, gospodărirea de ulei şi controlul uleiului în exploatare.

În capitolul referitor la generatoare electrice s-a prevăzut obligativitatea montării unui dispozitiv de forţare a excitaţiei la unităţile de la 1 000 kVA în sus; de asemenea, faţă de ediţia precedentă, s-au suprimat detaliile relative la încercările preventive — trimiţîndu-se la instrucţiunile detaliate respective —, precum şi la exploatarea instalaţiilor de răcire cu hidrogen, pentru care n-avem încă experienţă în ţară, în lipsa instalaţiilor corespunzătoare. În capitolul relativ la tranasformatoare, s-au precizat detalii relative la colectarea uleiului şi s-au prevăzut încercări asupra raportului dintre capacităţile măsurate la frecvenţele de 2 şi 50 Hz.

Capitolul asupra instalaţiilor de distribuţie s-a completat cu prevederile privind tensiunea de 220 kV şi i s-au adus simplificări, tinzînd spre ieftinirea instalaţiilor, în special în problemele de colectarea uleiului şi de dispoziţii constructive.

Capitolul „Instalaţii de curent continuu" (fost „Instalaţii de acumulatoare", în prima ediţie) s-a amplificat cu toate prevederile cerute de evoluţia tehnicii noi şi cu cele relative la simplificarea şi ieftinirea instalaţiilor, în special în ceea ce priveşte încălzirea şi ventilaţia.

Capitolele relative la instalaţiile de protecţie prin relee, automatizări şi telemecanizări, la tablouri de comandă şi la instrumente electrice de măsurat s-au completat de asemenea cu măsuri de tehnică nouă, dezvoltîndu-se în special problema numărului minim de instrumente de măsură obligatorii a fi montate. În ceea ce priveşte legările la pămînt în instalaţiile electrice, s-a introdus principiul ca pe liniile de tensiuni medii (3÷20 kV) să nu se mai lege la pămînt stîlpii metalici şi cei de beton armat în zone nelocuite, precum şi posibilitatea utilizării, în anumite cazuri, a conductoarelor de aluminiu pentru pămînturi.

Capitolul privind protecţia contra supratensiunilor s-a refăcut, cuprinzînd principiile cele mai noi de efectuare a protecţiilor, cu tendinţă de ieftinire a instalaţiilor respective.

În fine, în capitolul relativ la liniile electrice aeriene de peste 1 000 V s-au precizat condiţiile de trecere cu liniile peste construcţii şi de montare pe stîlpi comuni cu circuite de joasă tensiune — iar în cel relativ la cabluri subterane, în special uşurări la pozarea cablurilor în incintele centralelor şi staţiilor electrice, putîndu-se îngropa direct, într-o serie de cazuri.

Partea a VI-a cuprinde capitolele relative la comanda prin dispecer, executarea manevrelor în instalaţiile electrice, îndatoririle personalului de tură, indicii tehnico-economici şi evidenţa tehnică, preparaţia echipamentelor, documentaţia tehnică, responsabilităţi pentru aplicarea prescripţiilor.

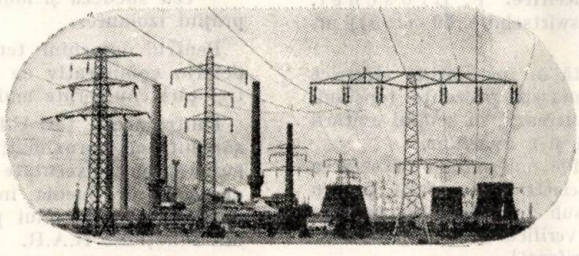
În capitolul privind comanda prin dispecer, noua redactare a pus accentul pe realizarea condiţiilor de economie, calitate şi siguranţă în exploatarea sistemelor energetice interconectate, cu precizarea competenţelor şi procedurii de funcţionare, atît la treapta dispecerului naţional, cît şi în punctele locale de dispecer, ţinînd seamă de experienţa dobîndită în exploatarea sistemului interconectat din R.P.R.

Capitolele referitoare la executarea manevrelor şi la îndatoririle personalului de tură precizează în special condiţiile de exploatare în staţiile electrice fără personal permanent de exploatare, respectiv telecomandate. De asemenea s-au majorat, la fiecare tensiune nominală, conform progreselor tehnice respective, puterile limită pentru deconectarea prin separatoare a transformatoarelor funcţionînd în gol.

În fine, se menţionează că în ediţia a doua s-a trecut la sfîrşit capitolul intitulat „Responsabilităţi pentru aplicarea prescripţiilor", ceea ce apare mai judicios decît amplasarea acestui capitol la „Generalităţi", în prima ediţie. Ca o observaţie generală, se arată că din noua ediţie s-au suprimat o serie de date de detaliu sau de indicaţii asupra încercărilor, trimiţîndu-se la prescripţiile corespunzătoare de detaliu în vigoare. De asemenea, în ceea ce priveşte detaliile relative la efectuarea reparaţiilor, s-au făcut trimiteri la noile prescripţii privind reparaţiile echipamentelor energetice.

Noua ediţie a „Prescripţiilor de exploatare tehnică a centralelor şi reţelelor electrice" satisface cererea unităţilor respective de exploatare, de a avea la îndemînă o serie de principii puse la curent cu tehnica nouă şi cu posibilităţile actuale din ţara noastră; se întrevede însă ca progresul rapid al tehnicii energetice şi experienţa ce va rezulta din sarcinile mult sporite ale electrificării ţării noastre să necesite apariţia unei noi ediţii, încă pînă la sfîrşitul şesenalului 1960—1965.

Ing. **Vlad Rădulescu**



Electroenergetică

Localizarea defectelor monofazice în cabluri. M. V. Locşin şi A. V. Civanov: Electriceskie stanţii, iunie 1961, p. 68—71.

Foarte des se întîmplă în cabluri genul de defecte monofazice care, cu vechea metodă inductivă, practic nu e posibil să fie localizate.

Autorii descriu o metodă de localizare a defectelor care constă din detectarea cîmpului magnetic al unei perechi de curenţi ai fazei avariate şi stabilirea locului dispariţiei acestuia. La această nouă metodă „inductiv-comutaţională" se foloseşte o bobină de detectoare cu axa magnetică numai în poziţie verticală deoarece în această poziţie prin bobină trece cea mai mare parte a cîmpului magnetic rezultant. Dacă se deviază de la traseul cablului în timpul căutării defectului, cîmpul magnetic al unui singur curent se reduce sensibil — proporţional cu distanţa la puterea întîi, iar cîmpul perechii de curenţi se reduce mult mai repede — proporţional cu pătratul distanţei.

Pentru că, cîmpul magnetic al perechii curenţilor fazei avariate lipseşte după locul defectului, iar bobina de detectare se găseşte în zona de recepţie minimă a cîmpului magnetic al unui singur curent, în această nouă metodă e introdusă încă o pereche de curenţi legînd o fază sănătoasă la mantaua de plumb la capătul celălalt al cablului. Această pereche de curenţi pe faza sănătoasă însoţeşte cablul pe tot traseul şi dă posibilitatea să se verifice dacă bobina de detectare se găseşte deasupra cablului.

Pentru deosebirea semnalelor celor două perechi de curenţi se realizează comutarea succesivă a lor. Alimentarea circuitelor acestor perechi de curenţi se realizează printr-un comutator automat, care succesiv transmite în cablu semnale de frecvenţă muzicală de diferite durate (0,125 secunde la faza avariată şi 0,875 secunde la faza sănătoasă). Curenţii pe cele două faze trebuie să aibă valori egale variind între 5 şi 15 A. Aceasta se realizează introducînd în circuitul fazei avariate un reostat. Frecvenţa curentului alternativ transmis în cablu este de 2—3 kHz dar practic s-a dovedit că poate fi folosită şi frecvenţa de 1 kHz.

Autorii arată că folosind această metodă inductiv-comutaţională, ca şi la vechea metodă inductivă, trebuie ars locul de defect pînă la valori mici ale rezistenţei defectului, iar apoi determinată distanţa pînă la defect cu ajutorul aparatelor IKL-4 sau IKL-5 şi numai după aceste operaţii se stabileşte precis locul defectului cu ajutorul metodei descrise mai sus. În articol este redată schema principială a comutatorului şi aspectul său exterior.

M. I.

Dispozitive şi procedee pentru controlul prezenţei tensiunii la lucrări în instalaţii şi cable electrice. F. Bröscher, H. Baumann: (Elektrizitätswirtschaft **60** (1951) nr. 9 (mai) 324—329.

La toate lucrările ce se execută în instalaţiile electrice este foarte important de a se cunoaşte prezenţa tensiunii în elementele de reţea în care se lucrează, în scopul evitării atît a accidentării personalului cît şi a avariilor.

În articol sînt descrise dispozitive noi pentru detectarea prezenţei tensiunii în conductorii electrici din staţii, pentru identificarea cablelor scoase de sub tensiune în vederea executării unor lucrări şi pentru verificarea corespondenţei fazelor în instalaţiile de curenţi trifazaţi.

Pentru controlul prezenţei tensiunii se utilizează un dispozitiv compus în principiu dintr-un tub izolant care are la capătul de încercare un tub cu neon făcînd parte dintr-un circuit cu capacităţi şi redresoare care încep să pîlpîie cînd vine în contact cu o piesă sub tensiune. Dispozitivul este construit pentru tensiuni de 6, 30 şi 110 kV, diferenţa dintre timpuri constînd în lungimea tubului.

Pentru controlul tensiunii remanente la maşinile electrice şi transformatoare, din cauza sarcinii capacitive şi în acelaşi timp pentru scurgerea acestei sarcini se foloseşte o prăjină izolantă avînd în capăt o siguranţă de înaltă tensiune şi cu mare putere de rupere. Siguranţa este legată la pămînt pe partea dinspre tijă. Continuitatea galvanică a siguranţei este supraveghiată printr-un bec de control alimentat de o baterie prin intermediul siguranţei. Circuitul de control e montat chiar pe siguranţă.

Identificarea cablelor scoase din funcţiune pentru lucrări se face cu un dispozitiv compus dintr-un emiţător şi un receptor, montate la un capăt al cablului şi pe cablu în punctul în care se face verificarea. Celălalt capăt al cablului este pus la pămînt. Emiţătorul are o baterie care se leagă între cablu şi pămînt prin intermediul unui întrerupător. Receptorul este asemănător unui cleşte Dietze, avînd însă un galvanometru în loc de ampermetru.

Verificarea corespondenţei fazelor se face printr-un sistem stroboscobic. Un mic motor sincron alimentat din reţeaua de joasă tensiune, care este în sincronism cu reţeaua de înaltă tensiune, antrenează un disc avînd o fantă. Prin această fantă se priveşte un tub cu neon plasat în capul unei tije izolante care se pune în contact cu conductorul care se controlează. Poziţia în care se vede luminată fanta indică numărul fazei.

I. d.

Lucrul sub tensiune. D. Barré şi R. Pinet: (Bull. Soc. F-se Electr.) ianuarie 1961, p. 55—65.

Lucrarea constituie o dublă comunicare făcută în faţa Societăţii electricienilor francezi: prima tratînd despre lucrul sub tensiune în reţele de distribuţie de joasă şi medie tensiune, iar cea de a doua în reţelele de înaltă şi foarte înaltă tensiune în diferite ţări din lume.

Experienţa ţărilor care practică lucrul sub tensiune în instalaţii electrice pare a nu indica procente de accidente de electrocutare mai mari decît în ţările în care tehnica securităţii interzice acest lucru.

La joasă tensiune se pot lua în consideraţie două metode:
— izolarea la locul de muncă a tuturor conductoarelor şi organelor aflate sub tensiune;
— asigurarea protecţiei lucrătorului prin izolarea sa.

În Franţa orientarea este spre a doua metodă şi a fost creat un echipament compus din: pantalon cu elastic la centură şi glezne, un hanorak cu glugă, mănuşi de cauciuc şi cisme de cauciuc sau neopren. Se subliniază necesitatea de a proiecta şi concepe elementele de reţea aşa ca să permită uşor operaţii de demontare sau montare sub tensiune.

La medie tensiune, francezii nu au încă realizări. În celelalte ţări se cunosc două tehnici:

— cea sovietică, de punere a lucrătorului la potenţialul liniei;

— cea suedeză şi americană, de lucru de la distanţă cu prăjini izolante.

Pentru domeniul tensiunilor înalte şi foarte înalte se descriu comparativ de asemenea soluţiile adoptate de cele trei ţări enumerate mai sus.

Dintre aceste ţări U.R.S.S. are cele mai importante realizări întrucît aproximativ jumătate din lucrările de reparaţii curente sînt executate cu instalaţiile sub tensiune. Spre deosebire de Suedia, în U.R.S.S. nu se consideră necesară modificarea reglajului protecţiilor liniei, nici să se scoată din funcţiune R.A.R.

Pentru lucru sub tensiune la liniile din această categorie în U.R.S.S. se folosesc două categorii de utilaje:

— scări sau tuburi telescopice izolante montate pe camioane sau auto-şenile;

— nacele care se atîrnă de suporţi şi care pot fi montate de la pămînt fie cu corzi izolante fie fixate după suport şi aduse în poziţia de lucru printr-o rotaţie în jurul unui ax orizontal sau vertical.

A. C. M.

Realizări recente din domeniul transmiterii telemăsurilor, telecomenzilor şi telereglajului, J. Dubois şi G. Mayenc: Bull. Soc. F-se, Electr., ianuarie 1961, p. 35—38.

Se descriu principiul adoptat pentru instalaţiile de telemecanică şi aparatajul respectiv al firmei Thomson Houston.

Criteriile care au stat la baza alegerii soluţiilor sînt:

— securitatea (împotriva funcţionării incorecte)

— capacitatea (numărul de telemăsuri, telecomenzi şi telereglaje posibil a fi transmise).

— exploatarea (consum de energie, volum, întreţinere).

Principiul folosit este cel al convertirii informaţiilor în impulsuri codate care sînt apoi transmise în modulaţie de frecvenţă (frequency-shift trivalent). Pe lîngă numeroase avantaje sistemul are însă un punct slab: e sensibil la fadinguri selective. Din această cauză, în primul stadiu se efectuează o verificare a comenzii la recepţie, aceasta nefiind transmisă pentru execuţie decît dacă este corectă. Într-un al doilea stadiu, dacă mesajul se dovedeşte greşit, se cere o repetare a ordinului de la staţia de emisie.

Pentru verificarea recepţiei se folosesc două metode:

— controlul parităţii

— suma cifrelor „1".

Din punct de vedere al tehnologiei utilizate au fost realizate două tipuri de echipament: 1) cu circuite cu ferite şi cu tranzistori; 2) cu tuburi cu catodă rece şi cu tranzistori. O mare atenţie se acordă creării de subansamble care se pot înlocui între ele.

Folosirea echipamentelor de telemecanică realizate pot fi folosite în numeroase domenii industriale printre care şi în electroenergetică.

a. c. m.

Dezvoltarea fundaţiilor stîlpilor liniilor aeriene în scopul standardizării lor. D. Langmacker: Energietechnik **11** (1961) nr. 5, mai, p. 203—205.

Se arată necesitatea de tipizare a fundaţiilor liniilor aeriene. În R.D.G. nu se mai utilizează din 1953 fundaţii metalice direct îngropate (Schwellenfundamente) deoarece din lipsa mîinii de lucru nu se puteau efectua lucrările periodice de protejare anticorosivă a părţilor metalice îngropate. Pe de altă parte, dezvoltarea stîlpilor cu bază largă a redus utilizarea fundaţiilor metalice numai la zone muntoase cu sol stîncos unde din motive economice stîlpul e monobloc.

Autorul descrie o serie de tipuri de fundaţii utilizate, cum ar fi fundaţii prefabricate din elemente de beton separate pentru fiecare montant (Pilzfundamente). Pentru stîlpi de 380 kV se foloseşte de exemplu un tip de fundaţie prefabricată dimensionată pentru o forţă de tensiune de 34 Mp o forţă de compresiune de 46 Mp şi o forţă tăietoare de 4,2 Mp. Astfel de fundaţii au fost realizate şi din două elemente asamblabile pe teren (piciorul tubular $\varnothing_e = 46$ cm, $\varnothing_i = 32$ cm $l = 460$ cm şi talpa cu $\varnothing_e = 160$ cm, $\varnothing_i = 48$ cm şi $h = 50$ cm). Pentru stîlpi de întindere şi colţ s-au fabricat fundaţii din beton (trei tipuri cu volumul 7,10 m³; 8,25 m³ şi 27 m³ la fiecare montant) precum şi fundaţii din palpanşe (prohle tip Lasseen) asamblate cîte 4 pentru fiecare picior.

a. r.

Staţii interioare de 110 kV de mare putere construite în hale dotate cu separatoare bicoloană tip foarfece şi întreruptoare cu aer comprimat cu o putere de rupere de 5 000 MVA. Schrinner, W.: Energietechnik **11** (1961) nr. 6 (iun), p. 277—282.

Deşi staţiile interioare de 110 kV sînt mai scumpe ca cele exterioare ele se adoptă acolo unde există pericol de contaminare a izolaţiei datorită unei atmosfere impure cum ar fi CTE pe cărbune, industrii chimice care degajă gaze corosive sau uzini de azot şi fabrici de ciment. De asemenea astfel de instalaţii se adoptă în oraşe mari unde apar indisponibilităţi de spaţiu. Staţiile de tip interior pot fi construite în trei forme principale: (1) forma de hală, (2) forma joasă asemănătoare cu construcţia tip a staţiilor exterioare cu diferenţă că este acoperită de o clădire şi (3) forma înaltă pe mai multe etaje. Datorită consumului mare de material electric şi a suprafeţei însemnate pe care o necesită tipul (2), aceasta nu se întrebuinţează decît în condiţii cu totul speciale cînd rezistenţele admisibile ale terenului sau pericolul seismic impun o construcţie foarte uşoară. Tipul constructiv (3) deşi prezintă o reducere importantă a suprefeţei nu se utilizează actualmente decît foarte rar, deoarece ca şi tipul similar al staţiilor exterioare prezintă o schemă relativ încurcată şi conduce la dificultăţi de exploatare. Autorul se opreşte la tipul constructiv în hală care în condiţiunile R.D.G. propune a fi considerat ca tip model. Se descriu trei variante constructive care utilizează bare duble şi triple, separatoare bicoloană tip foarfece şi întreruptoare cu aer comprimat cu separator exterior avînd o putere de rupere de 5 MVA. Halele propuse au secţiunea de 13,2 × 15; 13,2 × 18 şi 13,2 × 21 mm şi un subsol parţial clădit cu adîncime de 2,4 m. Se propune o separare a celulelor cu materiale transparente (materiale plastice, reţea din fire de perlon) pentru conservarea caracterului de hală.

Se discută diversele dispoziţii ale aparatajului electric.

a. r.

Probleme de reglaj al reţelei interconectate din R.D.G. şi statele vecine. H. S. Loss: (Energietechnik **11** (1961) 2, (feb) p. 83—87.

În prezent în R.D.G. frecvenţa şi repartiţia economică a puterilor se fac manual. Ca mijloace auxiliare, care se folosesc pentru facilitarea acestei reglări sînt: aparatul care măsoară termenul ds/dt (Hz/min) şi care indică deci cantitativ tendinţa de creştere a frecvenţei şi aparatul care indică în procente cît din puterea grupurilor reglante este disponibilă. Introducerea reglajului automat este cerută de precizia mărită a acestui reglaj şi de necesitatea menţinerii anumitor puteri de schimb constante, condiţii care rezultă necesară fie din cauza strangulărilor din reţea, fie din cauza schimburilor internaţionale. Ca metodă de reglaj s-a reţinut spre adoptare aşa numita metodă a caracteristicilor de reglaj a reţelei (Netzkennlinien-Regelung) adică un reglaj frecvenţă-putere.

Se face o prezentare a noţiunilor de statism, coeficient de putere a reţelei, reglaj primar, reglaj secundar care este un reglaj combinat al frecvenţei şi puterii de schimb. După ce se trec în revistă diferite posibilităţi de reglaj, ca reglajul putere-fază (Netzgaugkennlinien-Regelung) etc., se fac consideraţii asupra aplicării în R.D.G. a reglajului frecvenţă-putere cu menţinerea anumitor valori ale puterii de schimb între diferite sisteme.

a. r.

Formele constructive ale stîlpilor metalici cu zăbrele pentru linii de înaltă tensiune. Kl. Freier: (Energietechnik, nr. 5, mai, 1961, p. 205—207.

În R.D.G., stîlpii liniilor de 30—110 şi 220 kV sînt tipizaţi avînd aceeaşi dispoziţie constructivă: stîlp pentru dublu circuit cu o singură consolă cu conductoarele în acelaşi plan orizontal. Pentru 380 kV s-a adoptat, similar ca în R.F.G. tipul numit Dunăre, care este de asemenea pentru dublu circuit avînd două console, pe a doua fiind dispusă patru conductoare, aşa încît fiecare circuit are conductoarele dispuse în vîrfurile unui triunghi echilateral.

Stîlpii sînt calculaţi după prescripţiile VDE 0210 utilizîndu-se pentru confecţionarea lor în exclusivitate Ol 37. Stîlpii au fost standardizaţi în funcţie de conductoare. S-au adoptat patru tipuri de stîlpi — de susţinere, de întindere şi traversare, de întindere şi colţ, terminal şi colţ. Stîlpii pot fi înălţaţi cu tronsoane de 2 m. Pentru stîlpul de susţinere se poate obţine astfel o înălţime suplimentară de 12 m. Conductoarele tip sînt 150/25 şi 210/36 mm² Ol Al.

Se folosesc construcţii nituite cu o deschidere la bază de: 1,72 m la 30 kV, 3 m la 110 kV (150/25), 3,15 m la 110 kV (210/35) şi 4,4 m la 220 kV

Stîlpii de susţinere a liniilor de 380 kV sînt dimensionaţi pentru o forţă de tensiune (T) de 34 Mp şi de compresiune (C) de 45,8 Mp iar cei de colţ (150° ÷ 120°) $T = 123{,}5$ Mp şi $C = 142{,}5$ Mp. Greutatea acestor stîlpi este mai mică decît a celor proiectaţi în R.F.G. pentru condiţii similare şi anume 13 Mp faţă de respectiv 15 Mp.

a. r.

Termoenergetica

Turbina cu abur de 300 MW LMZ a ieşit de pe standul de probă. Levin A. V.: Energomaşinostroenie, nr. 3 (1961), p. 44.

Pe standul de probă al uzinei LMZ s-au încheiat probele de fabricaţie ale primului grup de MW din lume, cu un singur ax.

Turbina de tipul K-300—240—1 are trei corpuri şi trei racorduri de evacuare spre condensator. Turaţia grupului este de 3000 ture pe minut.

Parametrii aburului de admisie sînt 240 ata, 580°C, iar supraîncălzirea intermediară este de 565°C. Presiunea nominală în condensator e de 0,035 ata.

Lungimea paleţilor de la ultimele rînduri ale corpurilor de medie şi joasă presiune e de 960 mm, la un diametru mediu de 2480 mm.

Pentru a se reduce pericolul de incendiu s-a adoptat, pentru prima dată în U.R.S.S., soluţia folosirii drept agent de lucru în sistemul de reglare a unui lichid neinflamabil.

Manevrele, inclusiv operaţiile de pornire şi oprire, vor fi executate de la distanţă.

Lungimea grupului turbină-generator e de 36,5 m.

i. g.

Proiectele tip ale centralelor termoelectrice care se construiesc în perioada 1959—1965. V. G. Jilin şi A. M. Neerasov, Elektriceschie stanţii nr. 6 (1960), p. 8—24.

În septenal se prevede instalarea unei puteri de cca 50 milioane kW în 211 centrale electrice.

Majoritatea acestor centrale se va construi pe baza a patru proiecte tip. O mică parte din puterea instalată o reprezintă extinderi de centrale în funcţiune.

Cele patru proiecte tip sînt:

1. Centrala electrică de 2400 MW cu grupuri turbogeneratoare de 300 MW şi cazane de abur de 950 t/h.
2. Centrala electică de tip descoperit de 600 MW cu grupuri de 150 MW şi cazane de abur de 500 t/h.
3. Centrala de termoficare de 400 MW cu grupuri de 50 şi 100 MW.
4. Centrala electrică de 1200 MW cu grupuri de 200 MW şi cazane de abur de 640 t/h.

Proiectele cuprind o serie de îmbunătăţiri şi modificări de concepţie, atingînd indicii celor mai bune centrale similare din lume, în unele privinţe depăşindu-le chiar.

Centrala de 2400 MW are cîteva îmbunătăţiri tehnice remarcabile.

Astfel:

— toate elementele constructive ale centralei, inclusiv fundaţiile clădirii şi fundaţiile turbinelor sînt prefabricate din 30—33 tipuri de elemente faţă de 80—90 de tipuri în proiectele mai vechi.

— s-au folosit materiale de construcţie de tipuri noi şi s-au uşurat sarcinile tehnologice. Aceasta s-a obţinut, în special, prin micşorarea rezervei de cărbune în bunchere, eliminarea macaralelor pentru montarea turbogeneratoarelor, prevederea reviziei transformatoarelor la locul de montaj (pe fundaţii) etc.

— staţiile de transformare de 110—220 şi 500 kV au fost amplasate în spatele depozitului de combustibil cu trecerea legăturilor peste clădirile centralei. S-a permis astfel apropierea maximă a clădirii de sursa de alimentare cu apă, precum şi o micşorare considerabilă a suprafeţei centralei.

Indicii principali ai centralei de 2400 MW:

— Investiţia totală specifică	ruble vechi/kW	590—610
— Volumul specific de construcţii ale corpului principal, clădirii ptr. prepararea prafului de cărbune şi corpului auxiliar	m³/kW	0,49
— Consumul specific de combustibil convenţional	g/kWh	
la arderea de antracit		304
la arderea de ligniţi		303
— Consumul propriu de energie electrică	%	
la arderea de antracit		3,7
la arderea de ligniţi		3,2
— Personalul specific de exploatare	om/MW	0,23
— Terenul împrejmuit	ha/100 MW	0,95
— Volumul de beton armat în toate elementele de construcţie industrială	mii tone	100
— Volumul betonului prefabricat	%	95
— Greutatea construcţiilor metalice (cu excepţia macaralelor)	tone	3000
— Numărul de elemente tip de prefabricate de beton		33

Pentru centrala de 600 MW de tip descoperit:

— Investiţii	ruble/kW	640
— Consumul specific de combustibil convenţional	g/kWh	353
— Consumul propriu de energie electrică	%	4,4
— Personalul specific de exploatare	om/MW	0,36
— Volumul specific de construcţie al corpului principal	m³/kW	0,12
— Suprafaţa îngrădită	ha/100 MW	1,97

Centrala de termoficare de 400 MW, în cazul montării turbinelor de 50 MW:

— Investiţia specifică	ruble vechi/kW	1350
— Consumul specific de combustibil convenţional	g/kWh	240
— Personalul specific de exploatare	om/MW	0,8
— Consumul propriu de energie electrică	%	5,5
— Suprafaţa îngrădită	ha/100 MW	4,72

Datele pentru acest tip de centrală sînt informative, proiectul nefiind încă aprobat.

Centrala de 1200 MW cu grupuri de 2200 MW:

— Investiţia specifică	ruble vechi/kW	850—900
— Consumul specific de combustibil	g/kWh	350
— Consumul propriu de energie electrică	%	6,4
— Personalul specific de exploatare	om/MW	0,4...0,5
— Volumul specific de construcţie al corpului principal al centralei	m³/kW	0,67
— Volumul specific de prefabricate folosit la clădirea principală	%	65
— Idem pentru toate construcţiile	%	57
— Numărul de tipuri de prefabricate la corpul principal		44
— Idem pentru toate construcţiile		90
— Suprafaţa îngrădită	ha/100 MW	3,88

Pentru un număr de 112 centrale care sînt în construcţie pe baza proiectelor aprobate anterior se prevede revizuirea pe parcurs a proiectelor în sensul adoptării, acolo unde este posibil a schemelor tehnologice mai simple, a mărimii gradului de prefabricare, etc.

d. m.

Centrala raională de putere mare a sistemului energetic din regiunea Moscovei, H. A. Postnikov, Teploenerghetica nr. 10 (1960) p. 90—91.

Centrala de putere mare a sistemului energetic din regiunea Moscovei, proiectată pentru o putere finală de 2 400 MW, va fi echipată cu patru blocuri turbogeneratoare de cîte 300 MW şi două de cîte 600 MW.

Fiecare bloc de 300 MW constă dintr-un cazan de abur tip PK-41 fabricat de Uzina „Ordjonichidze", de 950 t/h, 255 ata, 585/570°C, cu supraîncălzitor intermediar la 40/36 ata, 333/565°C, funcţionînd cu gaze şi păcură şi un grup turbogenerator cu condensaţie tip K-300-240, fabricaţie LMZ, de 300 MW, avînd parametrii iniţiali ai aburului 240 ata, 580°C.

Consumul specific de căldură garantat al turbinelor la puterea şi parametrii nominali şi pentru o presiune în condensator de 0,035 ata este de 1 830 kcal/kWh. Consumul nominal de abur al unei turbine este de 930 t/h.

Generatoarele electrice cuplate cu turbinele sînt tip TVV-320-2, fabricate de Uzina „Electrosila" cu o putere de 320 000 kW, avînd tensiunea la borne de 20 kV.

Blocurile următoare de 600 MW ce vor fi instalate vor avea cazane de abur de 1 900 t/h, la aceiaşi parametri iniţiali ai

aburului şi supraîncălzire intermediară ca şi la grupurile de 300 MW. Consumul specific de căldură garantat, după datele de proiectare este de 1 810 kcal/kWh. Cazanele sînt prevăzute pentru funcţionarea cu gaze şi păcură.

Degazarea apei de alimentare a cazanelor se face în două trepte.

Instalaţiile de alimentare cu apă a cazanelor cuprind pentru fiecare bloc cîte o turbopompă de alimentare calculată pentru întregul debit al cazanului şi o electropompă de rezervă şi pentru pornire, calculată pentru 50% din debitul nominal al cazanului.

Epurarea chimică a apei de alimentare se face după schema cu dedurizarea în trei trepte.

Instalaţia de tiraj a fiecărui cazan, amplasată în exteriorul sălii cazanelor, constă din două ventilatoare axiale de gaze arse şi două ventilatoare de aer. Ventilatoarele sînt prevăzute cu palete directoare axiale şi sînt antrenate de motoare electrice de curent alternativ cu viteză reglabilă în două trepte.

Coşurile cu un diametru la vîrf de 7 m au o înălţime de 180 m.

Cantităţile de apă necesare centralei, pentru răcirea condensatoarelor în circuit deschis şi pentru alte utilizări, sînt asigurate prin crearea unui lac de acumulare şi construirea a două staţii de pompare pe malul lacului. Răcirea condensatoarelor se face în mod obişnuit în circuit deschis, iar în perioadele în care disponibilităţile de apă sînt reduse, în circuit mixt cu recircularea apei prin lacul de acumulare. Pompele de apă de răcire sînt instalate în aer liber. Sînt prevăzute cîte două pompe de apă de răcire pentru grupurile de 300 MW şi cîte patru pompe pentru grupurile de 600 MW.

În proiectul centralei se prevăd automatizarea şi comanda centralizată a instalaţiilor de cazane, de turbine, de alimentare a cazanelor, a staţiilor de pompare, a instalaţiilor de epurare chimică şi a staţiei de pompare a păcurii.

Energia electrică produsă de centrală este debitată la tensiunile 220 şi 500 kV. Transformatoarele ridicătoare şi transformatoarele pentru serviciile interne sînt amplasate în exterior în vecinătatea sălii maşinilor. Staţia electrică de 220 şi 500 kV, de tip exterior, este amplasată în apropierea coşurilor centralei.

În construirea centralei se vor folosi pe scară largă prefabricatele şi montarea echipamentului în blocuri preasamblate.

Lucrările de construcţie se vor realiza prin folosirea betonului pretensionat şi a unor materiale de construcţie noi (armociment, materiale uşoare cu $\gamma = 200$ kg/m^3, betoane şi oţeluri de mare rezistenţă etc.). Elementele prefabricate ale părţii de construcţie se realizează în 40 de forme tipizate, de diverse dimensiuni, totalizînd 35 440 bucăţi. Greutatea maximă a unui element este de 40 t (arcul pentru acoperişul sălii maşinilor).

Procentul prefabricatelor din beton armat în raport cu volumul total de beton armat este de 84%.

Indicii tehnico-economici ai centralei sînt următorii:

Investiţia specifică totală, ruble vechi/kW	557,43
Consumul specific de combustibil, conform cifrelor de garanţie ale uzinelor ce produc agregatele, kcal/kWh	2 150
Consumul specific de energie electrică pentru serviciile interne, %	2,32
Personalul specific, oameni/MW	0,187
Costul specific al energiei electrice produse (pentru un preţ de cost al gazelor naturale de 75 ruble/Nm^3) copeici/kWh	3,14

Aceste performanţe situează noua centrală raională sovietică pe primul loc în raport cu performanţele mondiale în domeniul construirii centralelor termoelectrice.

al. f.

Energetica industrială

Evitarea formării prafului în industria cimentului, Epitöanyag (R.P.U.) (1960) nr. 10 p. 189.

Problema admiterii unei concentraţii cît mai mici a prafului de ciment în gazele de ardere se cere din punct de vedere igienic, estetic şi al exploatării raţionale a cuptoarelor de Klinker.

Praful antrenat de gazele arse din cuptorul de Klinker este evacuat prin coş în atmosferă. Depunerea lui reprezintă o situaţie neplăcută pentru populaţia regiunii respective. Din punct de vedere energetic, această situaţie e importantă, deoarece electrofiltrele sînt solicitate mai mult.

Antrenarea prafului depinde de următorii factori:

— viteza gazelor de ardere

— viteza limită la care particulele pot fi menţinute într-o stare de suspensiune;

— cantitatea totală de praf care se găseşte în cuptor;

— suprafaţa specifică a materialului;

— suprafaţa de contact dintre gaze şi materialul care se antrenează.

În cazul procedeului uscat de fabricare a cimentului, cantitatea de praf antrenată este mult mai mare decît în cazul procedeului umed, unde din materialul umed se formează granule care sinterizează şi a căror rezistenţă este mai mare fără a lăsa un procent prea mare care se macină formîndu-se praful. Umiditatea maximă respectiv optimă pentru a se evita formarea prafului trebuie să fie 13—16%.

În articol se insistă asupra dispozitivelor montate în secţiunea transversală a cuptorului de klinker, care au o eficacitate mare, din punct de vedere al reţinerii prafului. Se indică diferitele scheme tehnologice care permit reducerea prafului de ciment în gazele de ardere.

Principiile care stau la baza unei astfel de exploatări sînt următoarele:

— introducerea directă în cuptorul de klinker a materialului care urmează să fie ars;

— suflare în spaţiul cuptorului;

— reîntoarcerea prafului în cuptor, eventual printr-un canal scurt (însă numai la cuptoarele care lucrează după metoda umedă);

— reîntoarcerea în cuptor a prafului sau mai bine zis a particolelor în formă de granule. La cuptoarele lungi, în sistemul umed, acestea vor fi introduse printr-un dispozitiv special care se află între lanţurile de la capătul cuptorului rotativ şi construcţia interioară celulară de reţinere a prafului.

În anumite condiţii, există posibilitatea fie de a măcina praful odată cu klinkerul, fie de a-l folosi ca material de adaos.

Dacă există cantităţi mari de praf sub formă de granule, acestea se vor amesteca cu materialul care se adaugă în cuptor. Una din condiţiile esenţiale pentru evitarea formării prafului este formarea unor granule de formă cît mai constantă, care să fie suficient de rezistente. Acestea permit o bună scurgere a gazului. Astfel nu se înfundă plasa de la capăt, iar aceasta are o capacitate mărită de a lega praful format, mai ales în camera de uscare. Prin recircularea prafului şi reintroducerea lui în materialul de adaos, în multe cazuri nu va mai fi necesar folosirea de electrofiltre.

Se indică metode practice pentru formarea unor granule corespunzătoare în cuptorul rotativ de klinker de lungime mare care lucrează în sistemul umed de fabricare al cimentului.

r. m.

Creşterea economicităţii centralelor electrice industriale. P. N. Zverev Promîşlennaia Energhetica (U.R.S.S.) nr. 8(1960) p. 5—6.

Pentru centralele de termoficare, echipate cu grupuri turbogeneratoare cu condensaţie şi prize reglabile, ale căror consumatori de abur nu asigură şi utilizarea integrală a capacităţii prizelor, se indică o soluţie de îmbunătăţire a randamentului centralei, care constă în ridicarea temperaturii apei de alimentare a cazanelor, prin încălzire cu abur prelevat de la prizele reglabile.

În cazul unei centrale la parametrii medii, echipată cu turbine L.Z. de puteri pînă la 25 MW, cu condensaţie şi prize reglabile, se poate ridica temperatura apei de alimentare de la 143°C la 180°C, prin încălzirea apei cu abur preluat de la priza reglabilă de 10—12 ata, într-un preîncălzitor suplimentar.

Din calculele efectuate pentru cazan PK-5, la creşterea temperaturii apei de alimentare de la 143°C la 180°C, au rezultat următoarele:

— economizorul preia mai puţină căldură din gazele arse în cazul în care este alimentat cu apă de 180°C;

— se măreşte cantitatea de căldură preluată de preîncălzitorul de aer, temperatura aerului ce se insuflă în focar crescînd cu 44 grd.

— încărcarea termică a focarului scade cu 9,5 %;
— se mărește vaporizarea în economizor cu 5,8 % ceea ce are ca efect creșterea producției de abur a cazanului cu 8 %;
— pe ansamblu se realizează o economie de combustibil de 0,85 %.

În calcule s-a neglijat creșterea cantității de apă introdusă în regulatorul de temperatură a aburului supraîncălzit și s-a considerat că pierderile prin zgură și cenușă rămîn constante.

Rezultă că din punct de vedere economic este avantajoasă ridicarea temperaturii apei de alimentare a cazanului, iar din punct de vedere tehnic situația este posibilă întrucît la cazanele de tip cu economizor de fierbere nu apar perturbări ale circulației emulsiei apă-abur.

n. t.

Turbina cu abur de înaltă presiune destinată acționării unor suflante centrifuge de putere mare pentru furnale. Martinov B. P.: Energomașinostroenie nr. 11 (1960) p. 43.

La Uzina constructoare de mașini „Nevski" din Leningrad se află în producție prima unitate din seria de turbine cu condensație de tipul VK-18—1 de 18 MW cu abur la parametri inițiali de 90 ata și 535°C și presiunea la condensator de 0,05 ata. Turbina este destinată acționării unor turbo-suflante de putere mare pentru furnale și fabrici de oxigen. Turația turbinei poate varia între 2 500—3 600 rot/min. Sistemul regenerativ dezvoltat (5 trepte) asigură un consum specific de abur de 4,02 kg/kWh.

Greutatea totală a turbinei este de 54 t, iar lungimea sa de 5,64 m.

g.c.

Hidroenergetica

Îndepărtarea gheții din fața construcțiilor UHE și a ecluzelor, cu ajutorul generatorului de curent de apă. P. I. Zotov și A. M. Locșin (Elektriceschie stanții nr. 12 (1960) p. 44—47, 3 fig.

La unele baraje și construcții hidrotehnice este necesară îndepărtarea gheții ce se formează în bazine și care aderă la suprafața construcției ce vine în contact cu apa.

Pentru a se menține un strat de apă cu suprafața liberă între gheața și suprafața construcției, se utilizează în prezent diferite metode, ca: încălzirea electrică, spargerea manuală a gheții cu rângi, utilizarea aerului comprimat, etc.

În articol se descrie un aparat denumit „generator de curent de apă" sau „accelerator hidraulic" care s-a utilizat la unele UHE din sistemul energetic „Lenenergo", cu rezultate bune la îndepărtarea gheții de pe suprafața din bieful amonte al barajului.

Principiul de îndepărtare a gheții cu acest aparat constă în crearea în interiorul bazinului a unui curent de apă, îndreptat de la straturile inferioare de apă mai caldă. către stratul superior de apă rece, avînd ca efect topirea gheții.

Aparatul, care reprezintă în principiu o pompă elicoidală submersibilă, constă dintr-un corp paralelipipedic din tablă de oțel, în interiorul căruia se află instalat un motor electric care acționează prin intermediul unei transmisii un rotor cu trei pale elicoidale dispuse într-un tunel cilindric fixat la partea inferioară a aparatului.

Aparatul se fixează pe o plută de lemn, care îl menține cu partea inferioară introdusă în apă la o anumită adîncime.

Apa care pătrunde în tunelul cilindric este refulată de palele elicoidale ale rotorului antrenat de motor, producînd sub nivelul apei un curent de apă, care iese apoi la suprafață la oarecare distanță de aparat.

La o putere a motorului de antrenare de 10 kW și o turație a rotorului cu pale de 284 rot/min, lungimea curentului de apă atinge circa 100 m.

Măsurătorile de temperatură efectuate au arătat că diferența de temperatură între curentul de apă produs și suprafața apei este cuprinsă între 0,3 și 0,5 grd. Această diferență de temperatură este suficientă pentru a topi gheața din fața barajului și a menține un strat de apă cu suprafața liberă între gheață și acesta.

În funcție de lungimea barajului, se determină poziția și numărul de generatoare de curent de apă, astfel că întregul front de pe care trebuie îndepărtată gheața să fie spălat de curenții de apă.

Acest fel de aparat s-a instalat la UHE Volhov, la ecluzele de pe Volhov, la UHE de pe Svirul Superior și Narva unde au dat rezultate bune în exploatare chiar la temperaturi ale aerului de — 36°C. Unele din aceste instalații sînt automatizate, fiind puse în funcție în raport cu temperatura aerului.

Generatoarele de curent de apă se mai pot folosi și la plutăritul lemnelor cu zone în care are loc o scădere a vitezei apei (în cazul lacurilor de acumulare și în perioade de etraj) unde se impune utilizarea remorcherelor

n.t.

Planul de amenajare și construcția uzinei hidroelectrice cu pompă. J. Reiseck Kreuzeck, Steinböck T.: Österreichische Elektrizitätswirtschaft nr. 6 (1960) p. 243—52.

De curînd, s-a terminat, după o perioadă de 10 ani de construcție, complexul lucrărilor hidroenergetice Reiseck-Kreuzeck din Austria.

Complexul hidroenergetic cuprinde în principiu trei unități energetice reunite în aceeași clădire și anume:

— Amenajarea Reiseck pentru producerea de energie de bază, cu o cădere brută de 670 m, cu două agregate de cîte 6,5 și 17,5 MW fiecare antrenate de 2 turbine Pelton, fiecare cu 2 injectori.

— Amenajarea cu acumulare prin pompaj Reiseck, cu o cădere max. de 1 773 m cu trei agregate a 20 MW (turbine Pelton cu 1 injector). Conexată cu această amenajare este o stație de pompare care se află la circa 500 m deasupra nivelului uzinei, care este echipată cu 3 pompe de presiune mare cu un debit de 0,45 m³/s fiecare, cu o înălțime de refulare de 1 070 m și o putere de 7 650 CP pe unitate.

— Amenajarea pentru energia de bază Kreuzeck, cu o cădere de 588 m, cu 2 agregate cu o putere de 23,4 MW fie care (turbine Pelton cu 2 injectori).

— Puterea totală instalată este de 132 MW, iar producția de energie electrică în iarnă e de 135GWh, iar în vară 170 GWh, respectiv 305 GWh într-un an normal.

Din cauza acumulării zilnice, respectiv săptămînale, la cele două amenajări de bază există în timpul iernii o energie disponibilă de vîrf în tot timpul zilei.

La cote peste 2 300 s-au realizat 4 lacuri de acumulare cu o capacitate totală de 17,15 km³ dintre care mai ales 2 lacuri (lacul Mühldorf, mare și mic) au o capacitate de acumulare mai însemnată. Aceste lacuri se află în zona alpină; precipitațiile maxime măsurate în această regiune au fost de 1 700 mm. Înălțimea totală de zăpadă căzută anual în această zonă, măsurată chiar în timpul execuției, a fost de 13,5 m.

Lacul de acumulare cu cea mai mare cotă este lacul Radl la 2 399 m.

Barajul constă dintr-un dig de anrocamente cu un miez subțire de beton simplu. Celelalte 3 baraje sînt baraje de greutate cu un profil oarecum special, avînd un gol însemnat în interior pentru economisirea betoanelor. De semnalat sînt plăcile prefabricate de parament care rămîn înglobate în beton (1,8 × 2,00 × 0,06), casetate și vacuumetate cu o grosime de 6 respectiv 10 cm. De la fiecare baraj, apa e captată într-o conductă comună dispusă într-o galerie vizitabilă. De la casa vanelor conducta forțată, cu diametrul inițial de 1 350 mm, coboară pe o lungime de 1 880 m o diferență de nivel geodezică de 1 554 m. Conducta e confecționată din oțel Aldur-47 și 58 și are grosimi de la 10 la 28 mm.

În privința lucrărilor în subteran trebuie menționat că s-au executat peste 40 km galerii diverse, dintre care 20 km galerii cu scurgere cu nivel liber. Galeriile au avut de obicei același profil transversal. Dificultăți de construcție au existat mai ales în regiunea legăturii între lacuri.

În privința repartizării costurilor privind acest complex, se dau următoarele cifre:

Lucrări hidrotehnice de bază	54,0 %
Instalații construcții mecanice inclusiv conductele forțate	12,0 %
Instalații electrice	6,20 %
Lucrări pentru organizarea șantierului	5,4 %

Întreţinerea şi exploatarea organizărilor de şantier	7,9%
Conducerea şantierului	2,5%
Consultaţii diverse	1,4%
Amortismente	6,7%
Diferite alte cheltuieli	3,9%

În privinţa repartiţiei efortului financiar pentru cele trei mari genuri de lucrări, şi anume de construcţii, mecanice şi electrice, raportul este următorul 72 : 17 : 11.

Prin faptul că execuţia s-a făcut în etape, dîndu-se în funcţiune în mod succesiv anumite lucrări, efortul financiar a putut să fie eşalonat şi repartizat în mod corespunzător.

În privinţa numărului de oameni care au lucrat la această amenajare trebuie spus că aceştia au atins maximum în anul 1956, cu 2 885 oameni, dintre care 1 100 muncitori calificaţi şi 422 salariaţi. La un anumit moment dat au participat la această lucrare 29 de întreprinderi.

În mod special mai trebuie amintite lucrările care au asigurat transporturile la diferite puncte de lucru. Pentru amenajarea Reiseck s-a construit un plan înclinat învingînd o înălţime de 1 616 m (de la uzina comună celor două amenajări Kolbnitz) (cota 609) pînă la casa vanelor (cota 2 225) cu o capacitate de 11 t iar la amenajarea Kreuzeck un plan înclinat porneşte tot de la uzină şi ajunge la lacul de acumulare artificial situat la cota 1 115. Primul plan înclinat are 3 staţii intermediare.

Dificultăţi deosebite au existat mai ales la începutul lucrărilor deoarece la o distanţă de numai 6 km (linie aeriană) a existat o diferenţă de nivel de 1 600 m, astfel încît de la început problema transporturilor şi asigurarea lor şi pe timp de iarnă prin galerii a stat în centrul preocupărilor.

r. m.

Conducta forţată a centralei de pompare Reiseck Kreuzeck

F o x H. Österreichische Elektrizitätswirtschaft nr. 6 (1960) p. 349—57

De curînd s-a dat în funcţiune în Austria amenajarea hidroenergetică Reiseck-Kreuzeck care are o conductă forţată cu cea mai mare presiune realizată pînă acum în lume.

Conducta forţată porneşte de la cota 2 247 m cu un diametru de 1 350 mm pînă la cota 703 m, de unde are un diametru de 1 050 mm. Panta medie a acestui tronson este de circa 38°C. Tronsonul de legătură la centrală (distribuitorul) are o lungime de 950 m, cota în axul turbinei fiind de 606 m deasupra nivelului mării.

Presiunea apei la casa vanelor, de unde e alimentată conducta forţată, este de 72 m coloană de apă.

Căderea geodezică e de 1 841 m, deci 184,2 at.

Ţinînd seama de presiunile excepţionale, de condiţiile impuse materialului, modul de confecţionare al tuburilor a fost diferit în funcţie de presiunea interioară.

Tronsonul de la lac pînă la casa vanelor e din oţel Aldur-47m.

Tronsonul de la casa vanelor pînă la cota 1 650 a fost realizat din conductă obişnuită de oţel Aldur—47.

Tronsonul situat între cotele 1 651 şi 1 109 care trebuie să reziste la presiuni care variază între 82 şi 142 at, este format din tuburi autofretate din oţel Aldur-47 cu grosimi de 11—16 mm.

După recoacerea sudurilor virolelor s-au fixat pe tub inele de autofretaj din oţel Cr—Mn cu $\sigma = 110$ kgf/mm² cu limita de curgere de 100 kgf/mm² şi cu alungirea 17%.

Tronsonul între cotele 1 109—703 care trebuie să reziste la presiuni între 131 şi 183 at, este confecţionat din tuburi bandajate cu fretaj la cald.

Grosimile conductei din oţel Aldur-47 variază între 17 şi 20,5 mm.

Tronsonul III de la al 34-lea masiv de ancoraj, pînă la ultimul bloc de ancoraj, e confecţionat din oţel Aldur-58 şi trebuie să reziste la presiuni între 183 şi 195 at. Grosimile variază între 46 şi 47 mm.

Distribuitorul propriu-zis care trebuie să reziste la 195 at are diametrul între 950 şi 500 mm şi e din oţel Aldur-58 cu grosimi de 51 mm şi 28 mm.

Piesele de ramificaţii au fost confecţionate după ultimul sistem Sulzer adică la clin, secţiunea de interpătrundere a firului curent cu firul derivat a fost prelucrată prin frezare iar apoi s-a păsuit inelul de rigidizare semieliptic fără ca aceste două elemente să fie sudate, permiţîndu-se o deformare liberă a ambelor elemente statice, fără ca să apară rezistenţe suplimentare.

r.m.

LEXICONUL TEHNIC ROMÎN

O mare lucrare enciclopedică în domeniul tehnicii şi al ştiinţelor ei de bază

Dezvoltarea economiei noastre naţionale, datorită avîntului industriei, al tehnicii, cere oamenilor muncii să-şi ridice necontenit nivelul profesional, să-şi lărgească continuu sfera de cunoştinţe tehnice, pentru a contribui din plin la creşterea şi perfecţionarea neîntreruptă a producţiei socialiste, pe baza tehnicii celei mai înalte.

Răspunzînd acestei necesităţi şi aplicînd în practică directivele partidului şi guvernului, Editura tehnică a tipărit între anii 1949—1956 prima ediţie a Lexiconului Tehnic Romîn, elaborat de Asociaţia Ştiinţifică a Inginerilor şi Tehnicienilor din Republica Populară Romînă (ASIT).

La realizarea acestei lucrări au contribuit cîteva sute de colaboratori-academicieni, membri corespondenţi ai Academiei R.P.R., doctori în ştiinţe, cadre universitare dintre cele mai calificate, ingineri şi tehnicieni care activează nemijlocit în aproape toate ramurile industriale, laureaţi ai Premiului de Stat etc.

Lexiconul Tehnic Romîn ediţia I a apărut în şapte volume cuprinzînd 48 763 de termeni directori cu toate subdiviziunile lor şi circa 6 500 figuri.

Apariţia numeroaselor ramuri noi de producţie, dezvoltarea rapidă pe care a luat-o tehnica în ultimii ani şi creşterea numărului celor care folosesc tehnica, cît şi precizările făcute în multe domenii ale terminologiei tehnice de către Academia R.P.R. şi Oficiul de Stat pentru Standarde, au dus la publicarea noii elaborări a acestei lucrări.

Noua ediţie a Lexiconilui Tehnic Romîn este elaborată de un colectiv mai lărgit al ASIT.

Concepută în 16 volume, noua elaborare cuprinde un vast material documentar din 70 de discipline de bază şi va prezenta în circa 10 000 de pagini 70 000 de termeni directori şi aproximativ 17 000 de figuri.

În noua lui formă, Lexiconul reflectă nivelul înalt la care s-a ridicat capacitatea de cercetare, de proiectare şi de producţie din ţara noastră, sub impulsul industrializării socialiste a ţării şi al cuceririlor noi, romîneşti şi mondiale, ale ştiinţei.

Noua ediţie al Lexiconului Tehnic Romîn cuprinde o informare tehnică mai amplă, atît în ceea ce priveşte numărul de termeni trataţi cît şi întinderea şi profunzimea fiecărui text explicativ, bazată pe progresul tehnicii şi al ştiinţei. Numărul de discipline s-a mărit, cuprinzînd ramuri noi ca: Pedologia, Televiziunea, Plasticitatea, Fizica atomică nucleară etc.

S-au introdus mulţi termeni noi, ca: Acoperire, Adaos, Metalurgie, Aerofar, Automatizare, Aeromagnetometrie, Bureză, Calculator electronic etc.

S-a realizat o ordonare mai sistematică a materialului şi o unificare a terminologiei tehnice şi ştiinţifice, de comun acord cu lucrările lexicografice ale Academiei R.P.R. şi cu Oficiul de Stat pentru Standarde.

Aspectul grafic al lucrării a fost schimbat. S-a folosit formatul mare Z5—205/265mm, cu un număr mai mare de semne tipografice pe pagină, cu o ilustraţie bogată şi pe hîrtie velină.

Pînă în prezent au apărut primele opt volume ale noii ediţii a Lexiconului Tehnic Romîn, totalizînd 4 947 de pagini, circa 26 974 de termeni directori, 7 742 de termeni secundari explicaţi în text şi 9 606 de figuri.

Următoarele opt volume (vol. IX—XVI) vor apărea în anii 1961—1964, cuprinzînd literele H—Z, iar preţul fiecărui volum va fi de 100 lei.

Noua elaborare a Lexiconului Tehnic Romîn va intra în tezaurul culturii ca un bun social şi va deveni un îndrumător preţios pentru ingineri, tehnicieni, cercetători, cadre didactice, militari, studenţi şi muncitorii cu nivel mai ridicat.

MŰSZAKI KÖNYVTÁR 1883

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.165:697.34.004

Grecu T. и *Aschendorf A.*: **Использование турбин с ухудшенным вакуумом в теплофикации.**

Подробно анализируется использование турбин с ухудшенным вакуумом. Указываются расчет и проверка необходимая для перехода турбин с конденсацией на ухудшенный вакуум.

Energetica **9** (1961) № 6 стр. 221—228

ДК 622.61:662.825.004

Ghia V. V.: **Горение с рециркуляцией с предварительным подогревом необходимого для горения воздуха, применяемое на печах.**

В статье предлагается метод расчета горения с рециркуляцией с подогревом используемого для сжигания воздуха. Для иллюстрации простоты применения метода, дается пример расчета для случая печи для нормализации.

Energetica, **9** (1961) № 6, стр. 228—236

ДК 620.93.001

Florescu A.: **О некоторых новых формах прямого превращения тепловой, химической и ядерной энергии в электрическую. От солнечной батареи до магнитогидродинамики.**

Последнее время развилась или на пути развития новые промышленные методы производства электрической энергии. Тенденции к прямому превращению известных форм химической, тепловой и ядерной энергии в электрическую энергию соответствуют батарея горючего, термоэлектрический элемент, солнечная батарея, термоионный генератор и магнитогидродинамический генератор.

Energetica, **9** (1961) № 6, стр. 237—241

ДК 621.187.12.004

Stanislavievici L.: **Полная деминерализация воды. Принципы контроля в эксплуатации.**

В статье представлен способ работы, катионных и анионных фильтров на установках деминерализации воды и даются указания о химических показателях, которые необходимо контролировать в различных точках установки (автоматически или вручную).

Energetica, **9** (1961) № 6, стр. 242—245

ДК 621.316.262:621.316.352:001/2

Stoleru B. и *Tenea O.*: **Использование жестких шин в наружных 35 станциях.**

Energetica, **9** (1961) № 6, стр. 245—247

ДК 621.316.57:621.315.1.027.3/7.004

С ПРОИЗВОСТВА

Pătraşcu G.: **Г. Ускоренный метод шунтирования выключателей МКП—110 к воздушным линиям в 110 кв.**

Energetica, **9** (1961) № 6, стр. 248—249

ДК 621.317.714

Cigusievici M.: **Токоизмерительные клещи, выполненные в ИРМЕ**

Energetica, **9** (1961) № 6, стр. 249—251

ДК 621.311.22.004.67

Schloter Fr. и *Gross I.*: **Опробование метода люминисценции для обнаруживания неплотностей конденсаторов паровых турбин на ТЭЦ в Грозавешть.**

Energetica, **9** (1961) № 6, стр. 251

РЕЦЕНЗИИ

ДК 621.311.1(083,13)(498)

Rădulescu V.: **МИЧ — ДГЕЕ: Правила технической эксплуатации электрических централей и сетей. Выпуск II, 1960.**

Energetica, **9** (1961) № 6, стр. 252—253

ДОКУМЕНТАЦИЯ, 254

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.165:697.34.004

Grecu T. und *Aschendorf A.*: **Die Verwendung der Entnahme-Kondensationsturbine für Fernheizung.**

In eingehender Weise wird die Verwendung der Entnahme-Kondensationsturbinen analysiert. Es werden die Berechnungen und die notwendigen Überprüfungen angegeben zwecks Verwendung der Kondensationsmaschine als Entnahmeturbine.

Energetica, **9** (1961) H. 6, S. 221—228

DK 662.61:662.825.004

Ghia V. V.: **Kreislaufluft-Verbrennung mit Luftvorwärmer bei Öfen.**

Im Aufsatz wird ein Berechnungsverfahren der Kreislaufluft-Verbrennung vorgeschlagen, im Falle es sich um eine Vorerwärmung der Verbrennungsluft handelt. — Um die leichte Anwendung des Verfahrens zu veranschaulichen wird ein Berechnungsbeispiel für einen Normalisierungsofen gegeben.

Energetica, **9** 1961) H. 6, S. 228—236

DK 620.93.001

Florescu A.: **Im Zusammenhang mit einigen neuen Formen der direkten Umwandlung der thermischen, chemischen und Kernenergie in elektrische Energie. — Von der Sonnenbatterie zur Magnethydrodynamik.**

In letzter Zeit wurden bzw. werden neue industrielle Verfahren zur Erzeugung der elektrischen Energie entwickelt. — Der Tendenz zu einer direkten Umwandlung gewisser chemischen, kalorischen oder nuklearen Energieformen in elektrische Energie, entsprechen: das Brennstoffelement, die Thermobatterien, die Sonnenbatterie, der thermoionische Generator und der magnethydrodynamische Generator.

Energetica, **9** (1961) H. 6, S. 237—241

DK 621.187.12.004

Stanislavievici L.: **Das vollständige Enthärten des Wassers. Die Betriebs-Kontrollprinzipien**

Im Aufsatz wird die Arbeitsweise der Kationen-und Anionenaustauscher in den Enthärtungsanlagen beschrieben und Angaben über die chemischen Indexziffern, die an verschiedenen Punkten der Anlage — automatisch oder manuell — — kontrolliert werden müssen, angeführt.

Energetica, **9** (1961) H. 6 S. 242—245

DK 621.316.262:621.316.352:001/2

Stoleru B. und *Tenea O.*: **Die Verwendung von starren Schienen bei den 35 kV-Aussenstationen.**

Energetica, **9** (1961) H. 6 S. 245—247

AUS DEM BETRIEBSLEBEN

DK 621.316.57:621.315.1.027.3/7.004

Pătraşcu Gh.: **Ein Schnellverfahren zur Nebenschlussschaltung der MKP-110-Unterbrecher bei 110-kV-Freileitungen.**

Energetica, **9** (1961) H. 6 S. 248—249

DK 621.317.714

Cigusievici, M.: **In den IRME-Werken erzeugte Ampèremeterzange**

Energetica, **9** (1961) H. 6 S. 249—251

DK 621.311.22.004.67

Schlotter, Fr. und *Gross I.*: **Versuche mit dem Lumineszenzverfahren zwecks Leckstellenortung bei Dampfkondensatoren im Dampfkraftwerk Grozăveşti**

Energetica, **9** (1961) H. 6 S. 251

BUCHBESPRECHUNGEN

DK 621.311.1(083.13)(498)

Rădulescu V.: **M.I.G. — D.G.E.E.: Vorschriften zur technischen Auslastung der elektrischen Zentralen und Netze. II. Auflage 1960.**

Energetica, **9** (1961) H. 6 S. 252—253

DOKUMENTATION, 254

SOMMAIRE

CD 621.165:697.34.004

T. Grecu et *A. Aschendorf* : **L'utilisation des turbines à vide empiré pour la thermification**

Les auteurs analysent en détail l'utilisation des turbines à vide empiré et exposent les calculs et les vérifications nécessaires pour le passage des turbines à condensation aux turbines à vide empiré.

Energetica, **9** (1961) no. 6 p. 221—228

CD 622.61:662.825.004

V. V. Ghia : **La combustion à récireulation.**

L'auteur expose une méthode de calcul de la combustion à récirculation à laquelle est réchauffé l'air employé à la combustion. Pour illustrer la facilité d'application de cette méthode, il ajoute aussi un exemple de calcul pour le cas d'un four de normalisation.

Energetica, **9** (1961) no. 6, p. 228—236

CD 620.93.001

A. Florescu : **An sujet de certaines formes nouvelles de transformation directe de l'énergie thermique, chimique et nucléaire en énergie électrique**

Ces derniers temps de nouvelles méthodes industrielles de produire l'énergie électrique ont été développées ou sont en cours de développement. À la tendance vers une transformation directe de certaines formes d'énergie chimique, calorique et nucléaire en énergie électrique correspondent respectivement : la batterrie de combustible, les piles thermo-électriques, la batterie solaire, la génératrice thermo-ionique et la génératrice magnéto-hydro-dyamique.

Energetica, **9** (1961) no. 6, p. 237—241

CD 621.187.12.004

L. Stanislaievici : **La déminéralisation totale de l'eau. Les principes du contrôle dans l'exploitation.**

L'auteur expose le mode de fonctionnement des filtres cationiques et anioniques des installations de déminéralisation et donne des indications au sujet des indices chimiques qui doivent ètre contrôlés aux différents endroits de l'installation (contrôle automatique ou manuel).

Energetica, **9** (1961) no. 6, p. 242—245

CD 621.316.262:621.316.352:001/2

B. Stoleru et *O. Tenea* : **L'utilisation des barres rigides dans les stations extérieures de 35 kV**

Energetica, **9** (1961) no. 6, p. 245—247

NOUVELLES DE NOS EXPLOITATIONS

CD 621.316.57:621:315.1.027.3/7.004

Gh. Pătrașcu : **Une méthode rapide de shunting des interrupteurs MKP-110 aux lignes aériennes de 110 kV**

Energetica, 9 (1961) no. 6, p. 248—249

CD 621.317—714

Cigusievici M. : **Les tenailles ampèremétriques réalisées par l'Entreprise pour la Rationalisation et Modernisation des Installations Énergétiques (IRME)**

Energetica **9** (1961) no. 6, p. 249—251

CD 621.311.22.004.67

Schlotter Fr. : **L'expérimentation de la méthode de la luminescence pour la détection des non-étanchéités aux condensateurs des turbines à vapeur de la Centrale Thermoélectrique Grozăvești.**

Enerrgetica **9** (1961) no. 6, p. 251

COMPTES RENDUS

CD 621.311.1(083.13)(498)

V. Rădulescu : M.I.G. — D.G.E.E. : **Prescriptions pour l'exploitation des centrales et des réseaux électriques. Édition II-e, 1960.**

Energetica, **9** (1961) no. 6, p. 252—253

DOCUMENTATION, 254

CONTENTS

DC 621.165:697.34.004

Grecu T. and *Aschendorf A.* : **Utilization of worsened vacuum turbines for district heating.**

The utilization of worsened vacuum turbines is analysed in detail. The calculus and checks connected with the transition of condensation turbines to worsened vacuum regimen are included

Energetica, **9** (1961) no. 6, p. 221—228

DC 622.61:662.825.004

Ghia V. V. : **Combustion with preheated air recirculation as applied to furnaces.**

This paper suggests a computation method of the recirculation combustion with preheated air. A combustion example concerning a normalizing furnace is given to illustrate the easy application of this method.

Energetica, **9** (1961) no. 6, p. 228—236

DC 620.93.001

Florescu A. : **Some new forms of direct transforming of thermal chemical and nuclear energy into electric power.**

New industrial methods for producing electric power have lately been developed or are in process of development .The trend toward a direct transforming of certain forms of chemical, thermal and nuclear energy into electrical power involves the use of full battery, thermo-electrice cell, solar battery, thermoionic generator and magnetohydrodynamic generator respectively.

Energetica, **9** (1961) no. 6, p. 237—241

DC 621.187.12.004

Stanislavievici L. : **Total dimineralization of water. Principales of the working check.**

This paper describes the functioning of cation and anion filtres in demineralization installations including some indications concerning the chemical indexes to be controlled in various points of the onstallation (automatic or manual).

Energetica, **9** (1961) no. 6, p. 242—245

DC 621.316.262:621.316.352:001/2

Stoleru B. and Tenea O. : **Utilization of rigid bars in external stations of 110 kV.**

Energetica, **9** (1961) no. 6, p. 245—247

WORKING PROBLEMS

DC 621.316.57:621.315.1.027.3/7.004

Pătrașcu Gh. : **A quick shunting method of MKP-110 switches in the overhead lines of 110 kV**

Energetica, **9** (1961 no. 6, p. 248—249

DC 621.317.714

Cigusievici M. : **Ampermetric tongs achieved at the Enterprise for rationalization and modernization of power plants (I.R.M.E.)**

Energetica **9** (1961) no. 6, p. 240—251

DC 621.311.22. 004.67

Schlotter Fr. and *Gross I.* : **Testing the luminiscenee method for detecting non imperviousness in the condensers of steam turbines of the Grozăvești thermoelectric power station.**

Energetica **9** (1061) no. 6, p. 251

REVIEWS

DC 621.311.1(083.13)(498)

Rădulescu V. : **M.I.G. — D.G.E.E. : „Prescripții de exploatare tehnică a centralelor și rețelelor electrice". Second Edition, 1960 (Direction concerning the technical working of electric power stations and networks)**

Energetica, **9** (1961) no. 6, p. 252—253

DOCUMENTATION, 254

E2039
R
REFERATIVA
KAT

ENERGETICA

Energetica — Vol. 9 — iulie

7

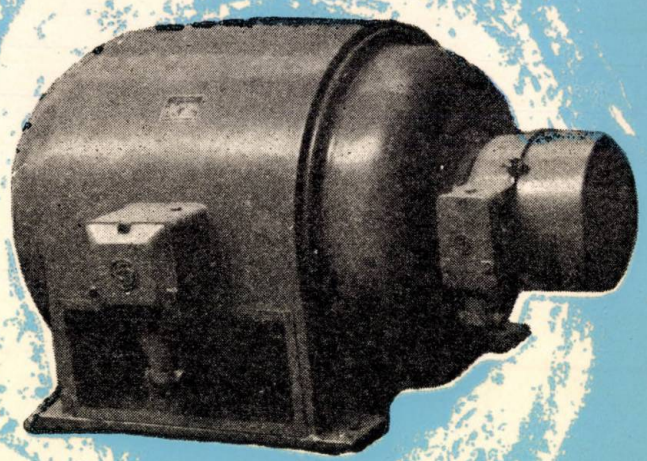
nr. 7/1961 — p. 261-296 — București

1961

Silicagel

SiO_2 AMORF

Mijloc ideal de uscare și conservare



Pentru orice fel de materiale

Mașini și aparate de precizie,
Textile, Pielărie, Alimente etc.
Expuse degradării prin umezeală
Apără de rugină, mucegăire, putrezire
și alte efecte dăunătoare
provocate de umiditate.
Se poate regenera ușor prin simpla încălzire fără pierdere.

UPSOM

PRODUS AL UZINELOR DE PRODUSE SODICE OCNA MUREȘ

ENERGETICA

ANUL 9 Nr. 7 IULIE 1961

CUPRINS

CZ 621.311.25 : 621.384 : 621.029.001

Badea I. A., Paraschiv A. şi *Wlezek C.* **Centrale nucleare-electrice echipate cu reactoare cu apă sub presiune.**

Se prezintă stadiul actual al soluţiilor tehnice adoptate în construcţia centralelor nucleare-electrice echipate cu reactoare cu apă sub presiune şi se dau cîteva din caracteristicile principale ale centralelor nucleare-electrice cu reactoare de acest tip în funcţiune şi în construcţie.

Energetica, **9** (1961) No. 7, p. 261—275

CZ 621.183 : 662.69.001

Antonescu N. **Consideraţii asupra mărimii optime a ecranelor intermediare la cazanele moderne cu combustibil gazos.**

Utilizarea în construcţia cazanelor moderne a ecranelor intermediare permite realizarea unor importante economii de metal. Pentru aprecierea mărimii optime a ecranelor intermediare se propune o metodă de calcul care poate conduce la găsirea, fie a minimului de consum de metal, fie a minimului de suprafaţă ecranată.

Energetica, **9** (1961) No. 7, p. 275—279

CZ 621.165 : 004

Brebenel D. **Măsuri ce se pot lua pentru scoaterea din rezonanţă a paletelor de turbine cu abur.**

În articol se expun unele măsuri care au ca scop îmbunătăţirea caracteristicilor de vibraţii a paletelor turbinelor cu abur, ridicîndu-le astfel nivelul de siguranţă în exploatare.

Se demonstrează, teoretic şi în unele cazuri experimental, influenţa fiecărei măsuri asupra frecvenţei paletelor legate în pachete ; se indică cîteva rezultate obţinute în practică.

Energetica, **9** (1961) No. 7, p. 280—283

CZ 621.311.22.004.15

Vladimir N. **Consideraţii relative la îmbunătăţirea randamentului centralelor termoelectrice vechi, prin introducerea preîncălzirii regenerative a apei de alimentare.**

Se examinează teoretic şi practic problema introducerii preîncălzirii regererative în centralele electrice vechi, pentru preîncălzirea condensatului propriu sau general.

Energetica, **9** (1961) No. 7, p. 284—287

ENERGETICA PESTE HOTARE, p.

DOCUMENTARE, p.

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. ing. **I. D. STĂNCESCU**, redactor responsabil, conf. ing. **C. MIHAILEANU**, redactor responsabil adjunct, conf. ing. **I. A. BADEA**, prof. ing. **M. BERCOVICI**, membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, ing. **M. COGĂLNICEANU**, conf. ing. **E. CONSTANTINESCU**, ing. **P. DIMO**, laureat al premiului de Stat, prof. ing. **C. DINCULESCU**, membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. **I. V. HERESCU**, conf. ing. **N. MOLDOVEANU**, prof. ing. **C. PENESCU**, ing **T. POPA**, ing. **S. SĂNDULESCU** și ing. **P. VICOL**

Revista „**ENERGETICA**", organ al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. și al Ministerului Industriei Minelor și Energiei Electrice. Redacția și administrația : București, Str. Ion Ghica Nr. 3 Raion Tudor Vladimirescu, Telefon 14.15.95—14.06.24. Revista este editată de A.S.I.T. — Abonamentele se primesc la administrația revistei, la sediul filialelor A.S.I.T. din întreaga țară și prin responsabilii cu presa din cercurile A.S.I.T. — Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinete tehnice în contul nostru de virament : Publicațiile Tehnice A.S.I.T. 070124 B.R.P.R. Filiala I. V. Stalin — București — Tarif pentru întreprinderi : lei 100 anual. Tarif pentru muncitori, tehnicieni și ingineri : lei 30 anual — Prețul unui exemplar : lei 5 — Tiparul : Intreprinderea Poligrafică Nr. 2, București, c. 2040

ENERGETICA

ANUL 9
1961
Nr. 7
IULIE

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.
ȘI AL MINISTERULUI MINELOR ȘI ENERGIEI ELECTRICE

Centrale nuclearoelectrice echipate cu reactoare cu apă sub presiune

Conf. *I. A. BADEA*, ing. *A. PARASCHIV*, ing. *C. WLEZEK*

În anul 1954 a intrat în funcțiune prima centrală nuclearoelectrică industrială din lume, și anume centrala Obminsk din U.R.S.S., echipată cu un reactor cu apă sub presiune. Abia trei ani mai tîrziu a intrat în funcțiune și CNE Shippingport din S.U.A. În anul 1958 a intrat în exploatare prima tranșă din centrala de 600 MW-e din Siberia, constînd dintr-un reactor cu apă sub presiune de 100 MW-e cu grupurile aferente.

În anul 1960, pe lîngă unitățile menționate care sînt în exploatare, a devenit critic și reactorul centralei nuclearo-electrice Yankee din S.U.A.

De asemenea, sînt în construcție mai multe centrale nuclearoelectrice cu reactoare cu apă sub presiune, ca „Voronej" din U.R.S.S. (420 MW-e), CNE din R.D. Germană (70 MW-e), ș.a.

În lucrarea de față se prezintă un studiu asupra stadiului actual al soluțiilor pentru centralele cu reactoare cu apă sub presiune și se prezintă cîteva din centralele nuclearoelectrice în funcțiune și construcție.

Nu se tratează însă centrala nucleară de pe spărgătorul de gheață Lenin, care deși este echipată cu reactoare cu apă sub presiune, intră în cadrul altor preocupări.

1. CNE VORONEJ

În Uniunea Sovietică, lîngă Voronej, a fost pusă la 1 august 1958 piatra de fundație pentru centrala nuclearoelectrică Voronej, care are o putere de 420 MW-e și este planificată să intre în funcțiune parțial în 1961 [1]. Centrala se realizează în vederea obținerii de informații tehnice și economice asupra construcției și exploatării centralelor nuclearoelectrice (fig. 1, 2).

În prima etapă va intra în funcțiune un reactor de 210 MW-e, cu grupurile aferente.

În etapa finală, centrala va fi echipată cu două reactoare eterogene cu apă sub presiune

Fig. 1. Vederea șantierului CNE Voronej (U.R.S.S.) de 420 MW-e.

de cîte 760 MW-t (210 MW-e) și 6 grupuri turbogeneratoare de cîte 70 MW-e.

În reactor se folosește drept combustibil oxid de uraniu ușor îmbogățit (1,5% U_{235}) iar ca moderator și agent de răcire apă naturală sub presiune. Dat fiind condițiile locale, reactorul nu este introdus în conteiner.

1.1. Schema termică

Centrala este echipată în prima etapă cu un reactor cu apă sub presiune de 760 MW-t și trei turbogeneratoare de cîte 70 MW-e cu condensație pură [2].

MŰSZAKI EGYETEM

Turbinele sînt de tip standard şi sînt proiectate să funcţioneze cu abur de joasă presiune.

Centrala funcţionează cu două circuite (fig. 3):

— circuitul primar de apă sub presiune al reactorului;

— circuitul secundar de apă-abur al turbinei.

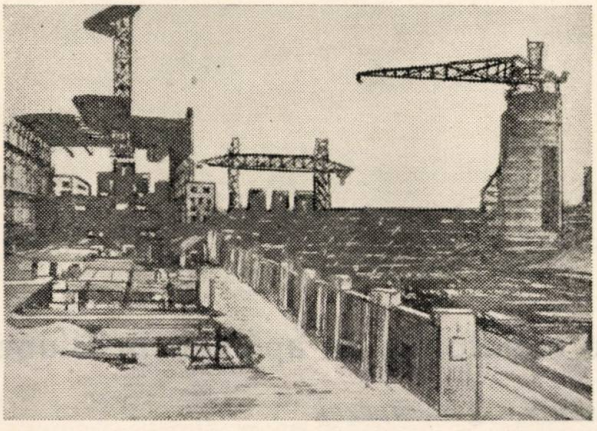


Fig. 2. Vederea şantierului CNE Voronej (U.R.S.S.) de 420 MW-e.

1.1.1. Circuitul primar. Agentul de răcire folosit în circuitul primar este apa naturală (H_2O) la presiunea de 100—106 ata.

Debitul de apă de răcire este de 27 300 t/h. Apa intră în reactor cu presiunea de 106 ata şi temperatura de 250°C şi iese cu presiunea de 100 ata şi temperatura de 275°C.

Circuitul primar este format din 6 bucle paralele separate, fiecare cu cîte un schimbător de căldură şi cîte o pompă.

1.1.2. Circuitul secundar. Apa din circuitul secundar intră în schimbătoarele de căldură cu

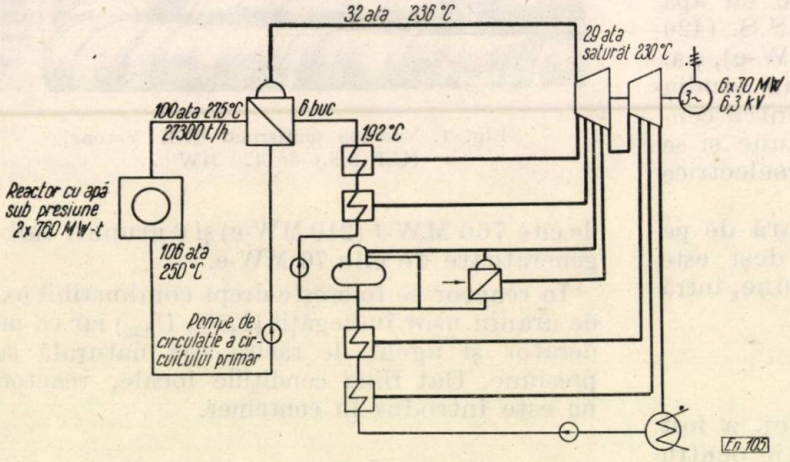


Fig. 3. Schema termică de principiu a CNE Voronej.

temperatura de 192°C şi se transformă în abur saturat de 32 ata.

La sarcina nominală, turbinele sînt alimentate cu 1 380 t/h abur de 29 ata, 230°C. Turbinele cu condensaţie au prize nereglabile pentru circuitul regenerativ.

1.1.3. Randamentul centralei. În prima etapă puterea termică a reactorului este de 760 MW-t. Puterea electrică produsă în cele trei grupuri turbogeneratoare este de 210 MW-e.

Consumul propriu al centralei este de 14 MW-e şi reprezintă 6,7% din puterea totală instalată [3, 4].

Puterea electrică netă la barele centralei este de 196 MW-e. Randamentul brut al centralei este de

$$\frac{210\ \text{MW—e}}{760\ \text{MW—t}} = 0{,}276 = 27{,}6\%$$

iar randamentul net al centralei este de

$$\frac{196\ \text{MW—e}}{760\ \text{MW—t}} = 0{,}258 = 25{,}8\%.$$

1.2. Reactorul

În profil final centrala va fi echipată cu două reactoare de cîte 760 MW-t de tip industrial, moderate şi răcite cu apă naturală, folosind drept combustibil nuclear uraniu uşor îmbogăţit iar ca material fertil uraniu natural.

Reactorul este eterogen cu neutroni termici (fig. 4).

Principalele părţi componente ale reactorului sînt: vasul de presiune, miezul cu elementele de combustibil, barele de reglare şi mecanismele lor de acţionare [5, 6].

1.2.1. Vasul de presiune. Vasul de presiune al reactorului este de formă cilindrică cu capătul inferior în formă de calotă sferică. În partea superioară este acoperit cu o placă metalică.

Înălţimea vasului este de 11,225 m, iar diametrul exterior de 3,8 m şi grosimea peretelui de 100 mm.

Vasul este confecţionat prin sudare din tole de oţel aliat rezistent la temperatură, cu caracteristici mecanice mărite.

Limitele constructive ale vasului de presiune au fost impuse de posibilităţile de transport pe cale ferată.

Vasul este proiectat să lucreze la o presiune de 100...106 ata, dar probele s-au făcut la 125 ata.

Ştuţurile de intrare şi ieşire a agentului de răcire, cu un diametru exterior de 550 mm, se găsesc în partea superioară a cilindrului vasului reactorului.

Placa superioară a vasului este străbătută de canale verticale prin care trec barele de reglare, cablurile instrumentelor de măsură, conductele auxiliare etc. Placa are un sistem special de prin-

dere și etanșare prin buloane. Diametrul exterior al sistemului de prindere e de 4 400 mm.

În interiorul vasului de presiune, într-o colivie metalică, este amplasat miezul reactorului. În

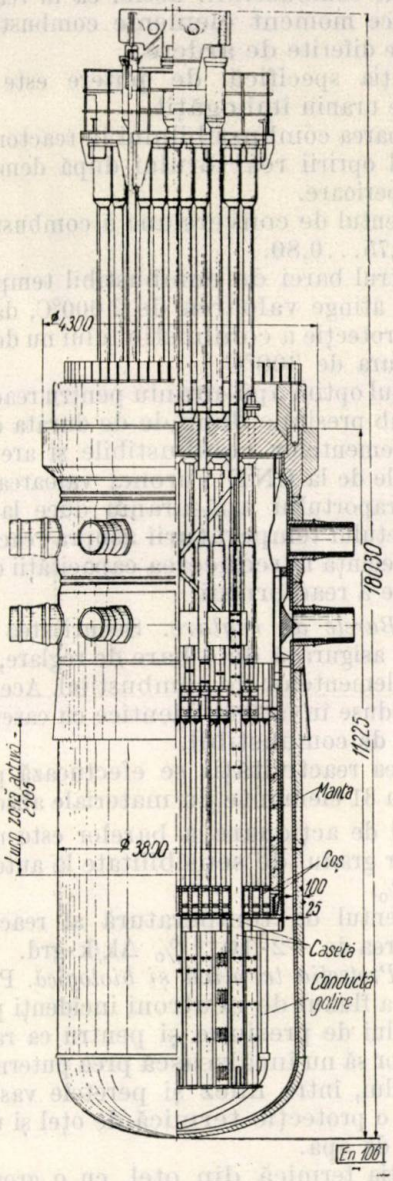


Fig. 4. Secțiune prin reactorul CNE Voronej.

timpul funcționării reactorului, poziția fixă a miezului este asigurată de un cilindru metalic care se reazemă de capac. Acest cilindru permite preluarea dilatărilor termice și dirijarea fluxului agentului de răcire.

Agentul de răcire intră în vasul reactorului prin ștuțurile așezate deasupra miezului, coboară prin exteriorul miezului și urcă prin miez.

1.2.2. Miezul reactorului. Miezul reactorului constă din elementele de combustibil și din eșafodajul de susținere a acestora numit „colivia" miezului.

Miezul de formă cilindrică, cu un diametru de 3,0 m și o înălțime de 2,5 m, constă din 350 casete așezate după o rețea triunghiulară cu pasul de 147 mm. În aceste casete sînt amplasate 343 elemente de combustibil și 6 bare de reglare.

Colivia de susținere a miezului este cilindrică și are în partea inferioară un grătar pentru dirijarea fluxului de agent de răcire. Grătarul este o construcție rigidă și susține elementele de combustibil.

Ca moderator se folosește apa naturală la presiune de 100 at și 260°C.

Agentul de răcire străbate miezul de jos în sus cu o viteză medie de 4,2 m/s și maximă de 5,5 m/s asigurînd un coeficient de transfer de căldură de 0,65 cal/cm².s.grd. Pierderea de presiune în miez este de 4,6 kgf/cm².

Fluxul maxim de căldură prin miez este de 33 cal/cm². s și asigură încălzirea agentului de răcire de la 250°C la 275°C.

Fluxul de căldură prin miez este asigurat printr-un flux de neutroni termici de 10^{13} n/cm².s. Excesul de reactivitate din miez poate fi compensat de o variație a temperaturii de 4...5%.

Densitatea de putere în miez este de 43,2 kW/l.

1.2.3. Combustibilii. Ca material fisionabil se folosește o cantitate de 40 t oxid de uraniu îmbogățit cu 1,5% U_{235}. Conținutul de U_{235} este de 600 kg.

Încărcătura de combustibil este formată din 343 elemente de combustibil de formă exagonală cu latura de 83 mm, lungi de 3,2...3,5 m. Partea activă a elementului de combustibil este de 2,5 m (fig. 5).

Un element de combustibil este format din 91 de bare cilindrice de oxid de uraniu aglutinat. Barele, cu diametrul de 8,8 mm, sînt îmbrăcate într-o manta tubulară de aliaj de zirconiu cu niobiu de 0,7 mm grosime și sînt așezate în elementul de combustibil după o rețea triunghiulară cu pasul de 14,3 mm.

Prisma exagonală formată din cele 91 bare de combustibil este introdusă într-un tub de aliaj de zirconiu lung de 3,2 m cu grosimea pereților de 2 mm.

La extremități elementul are montat în partea superioară un cap de prindere pentru manipulare, iar în partea inferioară un cap de centrare cu ajutaj pentru reglarea fluxului de apă ce trece prin elementul combustibil.

Sarcina termică critică a elementului combustibil (la care începe fierberea) este de 5,5... ...6,5.10^6 kcal/m².h., iar sarcina termică maximă este de 1,2.10^6 kcal/m².h.

Raportul dintre sarcina termică critică și sarcina termică maximă reprezintă coeficientul de rezervă al sarcinii termice a elementului de combustibil. Acest coeficient arată posibilitatea

MŰSZAKI KÖNYVTÁR

măririi întîmplătoare a sarcinii termice pe elementul de combustibil fără să se producă arderea elementului.

Pentru CNE Voronej acest coeficient are valoarea de 4,5...5,5.

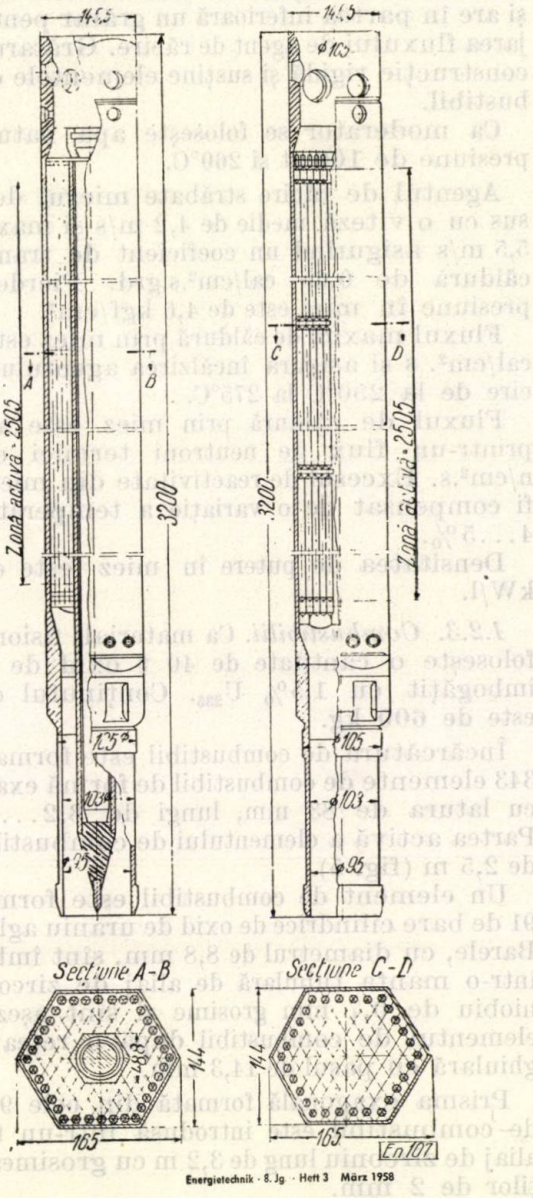


Fig. 5. Secțiune printr-un element de combustibil al CNE Voronej.

Durata de funcționare a unui element de combustibil este de 1,5 ani și este impusă de condițiile de rezistență mecanică a materialului elementelor. Specialiștii sovietici au arătat că la CNE Voronej gradul de îmbogățire a combustibilului s-a ales astfel ca la o durată de funcționare de 1,5 ani să se poată face arderea maximă a uraniului.

Gradul de ardere a combustibilului nuclear este de 2 000...3 000 MWz/t.

Pentru a se produce o ardere maximă a combustibilului, s-a prevăzut încărcarea parțială cu combustibil a reactorului la fiecare 180 zile. La fiecare 6 luni se schimbă o treime din elementele de combustibil, astfel ca în reactor să fie în orice moment elemente combustibile cu trei nivele diferite de ardere.

Producția specifică de putere este de 19 kW/kg de uraniu îmbogățit.

Schimbarea combustibilului în reactor se face în timpul opririi reactorului după demontarea plăcii superioare.

Coeficientul de conversiune a combustibilului este de 0,75...0,80.

În centrul barei de combustibil temperatura uraniului atinge valoarea de 2 000°C, dar mantaua de protecție a combustibilului nu depășește temperatura de 300°C.

Raportul optim apă-uraniu pentru reactoarele cu apă sub presiune depinde de durata de utilizare a elementelor combustibile și are pentru reactoarele de la CNE Voronej valoarea de 1,9. Mărirea raportului apă-uraniu duce la micșorarea efectului temperaturii asupra reactivității și în consecință la reducerea capacității de autostabilizare a reactorului.

1.2.4. Barele de reglare. Securitatea reactorului este asigurată de 6 bare de reglare, asemănătoare elementelor de combustibil. Aceste bare sînt introduse în casete identice cu casetele elementelor de combustibil.

Reglarea reactivității se efectuează prin deplasarea a 31 elemente cu materiale absorbante.

Timpul de acționare a barelor este mai mic de 2 s, iar gradul de sensibilitate la autocontrol este $\pm 1\%$.

Coeficientul de temperatură al reactivității are valoarea de $-2 \cdot 10^{-2}$ % $\Delta k/k \cdot grd$.

1.2.5. Protecția termică și biologică. Pentru a se micșora fluxul de neutroni incidenți pe peretele vasului de presiune și pentru ca radiațiile din reactor să nu încălzească prea puternic peretele vasului, între miez și peretele vasului s-a prevăzut o protecție termică de oțel și un strat reflector de apă.

Protecția termică din oțel, cu o grosime de 90 mm, are formă de cilindru cu diametrul interior de 3,0 m și îmbracă prin exterior miezul reactorului. Reflectorul de apă are 200 mm grosime și este constituit din agentul termic la intrarea în reactor.

Protecția termică este susținută de colivia miezului.

După afirmațiile specialiștilor sovietici, grosimea protecției termice este suficient de mare pentru a micșora iradierea peretelui vasului de presiune, astfel încît la o funcționare neîntreruptă a reactorului timp de 20 ani, proprietățile mecanice ale materialului vasului să nu scadă în mod periculos.

În exteriorul vasului reactorului s-a prevăzut o construcție masivă de beton destinată susți-

nerii reactorului și anihilării radiațiilor radioactive din reactor.

Această construcție de beton, cu un diametru de circa 12,0 m, este răcită cu apă.

Protecția biologică cuprinsă în această construcție este compusă dintr-un strat de apă de 1 m grosime și un perete de beton greu de 3,0 m grosime.

1.2.6. Circuitul primar. Circuitul primar de răcire a reactorului este format din 6 bucle paralele constituite din cîte un schimbător de căldură și o pompă.

În circuitul primar este vehiculat un debit de apă de circa 27 300 t/h la o presiune de 100...106 ata și o temperatură medie de 260°C care asigură transportul unei cantități de căldură de $6{,}54 \cdot 10^6$ kcal/h.

Volumul de apă al circuitului primar este de 235 m³.

Apa de răcire din circuitul primar intră în schimbătoarele de căldură cu temperatura de 275°C și iese cu temperatura de 250°C.

Schimbătoarele de căldură sînt cu tuburi de oțel inoxidabil. Apa din circuitul primar circulă prin țevi, iar apa din circuitul secundar prin exterior.

Suprafața de schimb de căldură este de 1 290 m².

Pompele de circulație a apei din circuitul primar (6 buc) sînt de construcție specială, fără garnituri și pot asigura un debit de 5 200 m³ apă/h.

Un debit de apă de circa 24 m³/h este dirijat în mod continuu către un sistem de tratare în vederea reducerii reactivității.

În timpul opririi, răcirea reactorului se asigură prin convecție naturală.

În circuitul primar sînt prevăzute două vase de dilatare a apei, de cîte 12 m³ fiecare, cu pernă de azot și alte 6 rezervoare de cîte 2,4 m³ fiecare, de asemenea cu pernă de azot pe fiecare buclă a circuitului de răcire.

1.2.7. Circuitul secundar. Circuitul secundar de răcire a reactorului este format din schimbătoarele de căldură și circuitul regenerativ.

Agentul termic folosit este apa distilată.

În schimbătoarele de căldură intră 1 380 t/h condensat de la turbină, care este preîncălzit în circuitul regenerativ pînă la 192°C și iese sub formă de abur saturat de 32 ata, cu care se alimentează turbinele.

S-a rămas la abur saturat, întrucît calculele efectuate de specialiștii sovietici au arătat că pentru aceste centrale diferența absolută de randamente, între un ciclu cu abur supraîncălzit la 400°C și cel cu abur saturat, este de 1,2% iar diferența relativă de 4,5%.

1.3. Grupurile turbogeneratoare

Centrala este echipată în prima etapă cu trei grupuri turbogeneratoare de cîte 70 MW-e cu condensație.

Pentru antrenarea celor trei alternatoare se folosesc turbine proiectate să funcționeze cu 1 380 t/h abur de 29...30 ata, 230°C.

Pentru a micșora umiditatea, s-au prevăzut sisteme de separare a apei în ultimele trepte ale turbinei.

Puterea este produsă la o tensiune de 6,3 kV și frecvența de 50 Hz.

2. CENTRALA NUCLEAROELECTRICĂ OBMINSK (U.R.S.S.)

Centrala nuclearoelectrică Obminsk, cu o putere de 5 MW-e, a intrat în funcțiune la 27 iunie 1954. Centrala este echipată cu un reactor de 30 MW-t, cu apă sub presiune moderat cu grafit și un grup turbogenerator de 5 MW-e.

Construcția acestei centrale nucleare a avut ca scop cîștigarea experienței tehnice și economice în domeniul construcției de centrale nuclearoelectrice și formării cadrelor și personalului tehnic. În plus, în aproape cei cinci ani de funcționare, s-a căpătat o experiență foarte valoroasă de exploatare [3], [7].

2.1. Schema termică

Centrala dispune de două circuite termice: circuitul primar de apă sub presiune, care realizează răcirea reactorului; circuitul secundar de abur-apă în care este intercalată turbina cu abur (fig. 6).

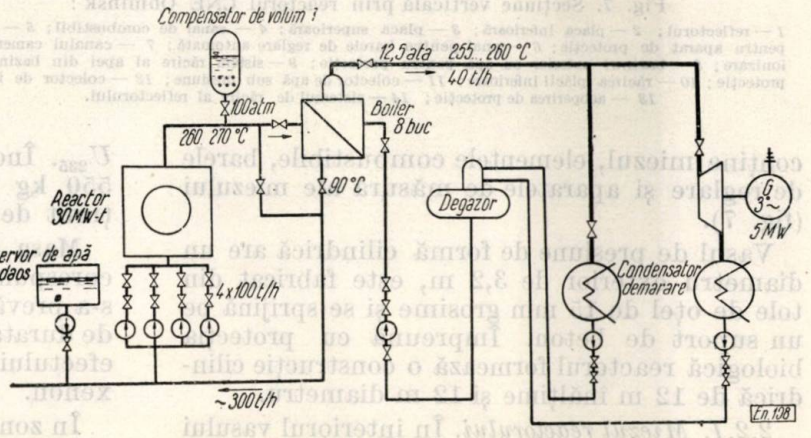


Fig. 6. Schema termică a CNE Obminsk.

Pentru preîntîmpinarea fierberii, apa din circuitul primar se găsește permanent la presiunea de 100 ata, la care corespunde o temperatură de vaporizare de 309°C.

În circuitul secundar, se produce abur la 12,5 ata, utilizînd în boilere căldura din circuitul

primar. Prin separarea circuitului primar de circuitul secundar, se elimină pericolul contaminării radioactive a apei din circuitul turbinei.

Randamentul termic general al centralei este de :

$$\frac{5 \text{ MW-e}}{30 \text{ MW-t}} = 16{,}7\%$$

2.2. Reactorul

Centrala este echipată cu un reactor cu apă sub presiune cu o putere de 30 MW-t. Reactorul este format dintr-un vas de presiune care conține miezul, elementele combustibile, barele de reglare și aparatele de măsură ale miezului (fig. 7).

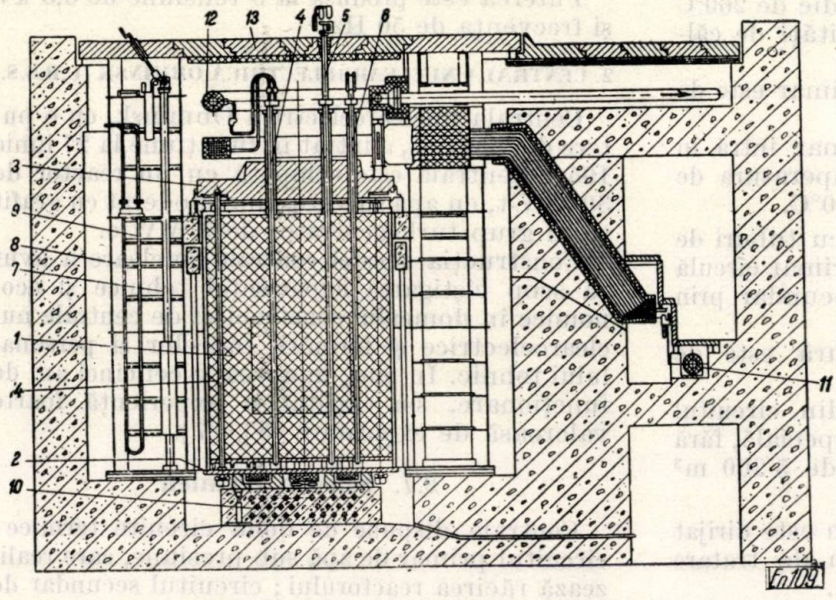


Fig. 7. Secțiune verticală prin reactorul CNE Obminsk :

1 — reflectorul ; *2* — placa inferioară ; *3* — placa superioară ; *4* — canal de combustibil ; *5* — canal pentru aparat de protecție ; *6* — canal pentru barele de reglare automată ; *7* — canalul camerei de ionizare ; *8* — bazinul exterior cu apă pentru protecție ; *9* — sistem răcire al apei din bazinul de protecție ; *10* — răcirea plăcii inferioare ; *11* — colector de apă sub presiune ; *12* — colector de ieșire ; *13* — acoperirea de protecție ; *14* — sistemul de răcire al reflectorului.

Vasul de presiune de formă cilindrică are un diametru exterior de 3,2 m, este fabricat din tole de oțel de 15 mm grosime și se sprijină pe un suport de beton. Împreună cu protecția biologică reactorul formează o construcție cilindrică de 12 m înălțime și 12 m diametru.

2.2.1. Miezul reactorului. În interiorul vasului se găsește miezul de grafit al reactorului, sub forma unui cilindru de 4,5 m înălțime și 3,0 m diametru. În această masă de grafit sînt executate (fig. 8) 128 canale verticale de combustibil, în care se introduc elementele de combustibil, 18 canale pentru barele de reglare și 5 pentru barele de siguranță.

Pentru a se evita combustiunea lentă a grafitului, vasul de presiune este umplut cu heliu sau azot, la presiunea de 1,3 kgf/cm².

Elementele de combustibil, de formă cilindrică, sînt străbătute de cinci tuburi de oțel prin care circulă apa de răcire sub presiune. Elementele de combustibil sînt formate din două părți. În partea inferioară se montează combustibilul nuclear sub formă de tablete, iar în partea superioară pastile de grafit și pastile metalice pentru protecție. Fiecare element cilindric de combustibil este introdus în canalul central al prismei exagonale de grafit. Aceste prisme formează miezul de grafit al reactorului. Ansamblul elementelor combustibile, așezate după o rețea de formă triunghiulară cu pasul de 120 mm, formează miezul activ.

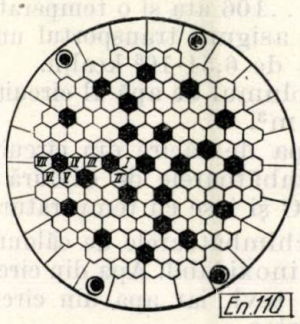


Fig. 8. Secțiune prin zona activă a reactorului CNE Obminsk.

Acesta are o formă cilindrică, cu un diametru de 1,50 m și o înălțime de 1,70 m. Acest miez este înconjurat de jur împrejur de un cilindru de grafit de 800 mm grosime care constituie reflectorul reactorului. Reflectorul reactorului este străbătut de un circuit de răcire cu apă.

Combustibilul nuclear este uraniu îmbogățit cu 5% uraniu U_{235}. Încărcătura totală de uraniu este de circa 550 kg uraniu îmbogățit, avînd deci un conținut de 27,5 kg U_{235}.

Masa critică a reactorului de 12,8 kg U_{235} corespunde la 60 elemente. Surplusul de uraniu s-a prevăzut pentru asigurarea unei funcționări de durată a reactorului și în vederea compensării efectului temperaturii și efectului otrăvirii prin xenon.

În zona activă, cea mai mare parte din volum este ocupat de grafit (circa 90,5%). Restul de 9,5% din volum este ocupat de apă (2,9%), oțel (0,9%), îmbrăcăminte (3,1%) și uraniu (2,6%).

Suprafața de schimb de căldură în miez este de 22,4 m². Fluxul maxim de căldură prin miez atinge valoarea de 50 cal/cm².s cu un coeficient de transmisie a căldurii de 0,694 cal/cm².s. Secțiunea totală transversală a fluxului agentului de răcire este de 0,027 m².

Densitatea medie de putere în miez este de 10 kW/l.

2.2.2. Parametrii nucleari ai miezului. Parametrii nucleari ai miezului sînt următorii [6]:

— fluxul mediu de neutroni termici	5.10^{13} n/cm².s
— fluxul maxim de neutroni termici	8.10^{13} n/cm².s
— energia neutronilor	termică
— pătratul lungimii de încetinire a neutronilor	$L = 70...89$ cm²
— probabilitatea de evitare a captării de rezonanță	$p = 0{,}908-0{,}92$
— factorul de multiplicare al neutronilor	$k_\infty = 1{,}245-1{,}256$
— excesul de reactivitate (reactorul rece și neotrăvit)	$11 \pm 0{,}005\%$
— excesul de reactivitate este compensat de:	
temperatură	2,7%
Xe, Sa, etc.	4,0%
ardere	4,3%
— coeficientul negativ de temperatură al reactivității	$-1{,}1.10^{-20}$ Δk/k.grd
— coeficientul de reproducție al combustibilului	0,32

2.2.3. Elementele de combustibil. Cantitatea totală de 550 kg de combustibil este împărțită în mod egal în 128 elemente combustibile (fig. 9).

Un element combustibil este compus din materialul fisionabil, moderator, sistemul de transmitere a căldurii și sistemul de protecție [7]. Este de formă cilindrică cu o lungime de 6 775 mm și este format din cilindri de grafit de 150 mm înălțime și 65 mm diametru. În fiecare cilindru de grafit sînt prevăzute cinci orificii (un orificiu central de 15 mm diametru și patru orificii radiale).

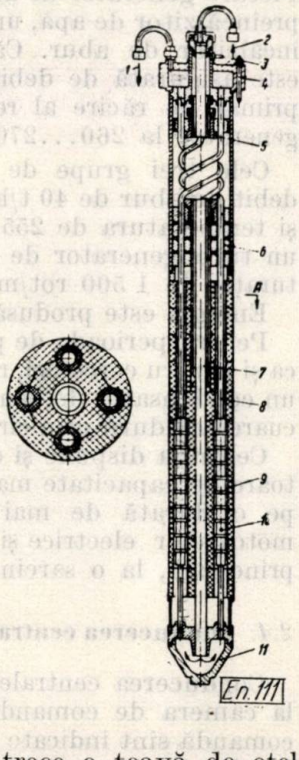


Fig. 9. Secțiune prin elementul de combustibil al CNE Obminsk:
1 — ieșirea apei; *2* — intrarea apei; *3* — ieșirea gazelor; *4* — capul superior; *5* — spațiu de dilatare; *6* — tub de oțel; *7* — tubul de 15 × 0,6 mm; *8* — tubul de 9 × 0,4 mm; *9* — cilindri de grafit; *10* — pastile de combustibil; *11* — capul inferior.

Prin orificiul central trece o țeavă de oțel inoxidabil de 15 × 0,6 mm, iar prin orificiile periferice trec țevi de oțel de 9 × 0,4 mm. În jurul țevilor din orificiile periferice se montează tablete confecționate din uraniu îmbogățit.

Pastilele de uraniu, cu diametrul de 13,6 mm, formează patru cilindri de 1 700 mm lungime.

În partea superioară a elementului de combustibil sînt așezate 4 pastile cilindrice metalice de 65 mm diametru prevăzute de asemenea cu cinci orificii. Acest strat metalic are rolul de protecție de neutroni.

Țeava metalică care trece prin orificiul central are prevăzut un cap metalic rigid cu canale de legătură între cele patru orificii periferice și țeava centrală, iar în partea superioară o piuliță. Prin strîngerea piuliței, plăcile metalice și cilindrii de grafit se consolidează în jurul țevii centrale formînd un cilindru rigid de 65 mm diametru îmbrăcat într-un tub de oțel inoxidabil de 0,4 mm grosime.

Deasupra plăcilor metalice, pe o înălțime de 350 mm, cele 4 țevi din orificiile laterale merg în spirală în jurul țevii centrale în vederea compensării dilatărilor termice. Capetele celor cinci țevi metalice sînt racordate la un colector montat în capul elementului de combustibil. Țeava centrală iese în exterior prin centrul elementului.

Apa de răcire intră în capul superior al elementului combustibil prin țeava centrală (cu o temperatură de 190°C), coboară prin această țeavă încălzindu-se de la grafitul din jurul țevii. Ajuns în capul metalic din partea inferioară a elementului, fluxul de apă se desparte în patru fluxuri paralele, care urcă prin țevile periferice. În aceste țevi ce sînt înconjurate de cilindrii de uraniu apa se încălzește pînă la 280...290°C. Cele patru fluxuri se unesc în colectorul superior și de aici apa este îndreptată către boilerul de abur.

Apa circulă prin elementul combustibil cu o viteză de 3,5...4,5 m/s. Suprafața de schimb de căldură a unui element este 0,175 m², cu o sarcină termică specifică de $1{,}5.10^6$ kcal/m².h.

Temperatura la suprafață a elementelor combustibile atinge valoarea de 400...450°C.

Din cantitatea totală de căldură, 10% se pierde în grafit și construcția metalică și 2% în reflector și protecție.

Producția specifică de putere este de 54,5 kW/kg de uraniu îmbogățit.

2.2.4. Barele de reglare și de siguranță. Comanda și protecția reactorului se fac cu ajutorul a 23 bare de reglare și siguranță. Barele sînt făcute din carbură de bor (B_4C) și au o lungime totală de 1,5 m și un diametru de 20...26 mm.

Din cele 23 bare de reglare, 18 folosesc la reglarea reactorului și 5 pentru siguranța de avarie a reactorului [6, 7]. 6 din cele 18 bare care folosesc la compensarea excesului de reactivitate din zona activă sînt așezate aproape de centrul miezului iar restul de 12 la periferia miezului reactorului.

Aceste bare pot fi deplasate în canale speciale, executate în miezul de grafit.

O parte din bare sînt comandate automat (4 buc.), și restul manual (19 buc.) prin comandă de la distanță. Barele intră în miez sub acțiunea gravitației.

Viteza de deplasare a barelor de reglare comandate automat este de 15 mm/s la o variație de 1% a puterii. Barele de reglare comandate manual au o viteză de deplasare normală de 30 mm/s, iar în caz de avarie de 130 mm/s.

Barele de reglare provoacă o variație totală a reactivității de 17% Δk/k iar barele de siguranță o variație a reactivității de 1,8% Δk/k.

Coeficientul negativ de temperatură al reactivității este de $-1{,}1 \times 10^{-2}\%$ Δk/k · grd.

2.2.5. Reflectorul. În jurul zonei active a reactorului este prevăzută o manta cilindrică verticală de grafit cu o grosime de 800 mm care constituie reflectorul. Reflectorul este construit din 24 coloane verticale de grafit. În interiorul reflectorului sînt 6 canale verticale pentru bare uzate, 24 canale pentru sistemul de răcire cu apă a reflectorului și canalele pentru experiențe.

Grosimea reflectorului de grafit deasupra și dedesubtul zonei active este de 700 mm.

Blocurile de grafit sînt prevăzute cu posibilități de dilatare.

2.2.6. Protecția biologică. Pentru acțiunea razelor gamma și a altor radiații periculoase pentru personal, în jurul reactorului și deasupra lui, s-a prevăzut o protecție biologică formată din apă, beton, metal [6, 7].

Deasupra reactorului este prevăzut, pentru micșorarea fluxului de raze gamma, un strat de grafit de 1 400 mm grosime și o placă de fontă de 200 mm grosime.

Lateral, protecția biologică este formată de un spațiu de apă de 1 m grosime și un zid de beton greu (2 t/m³) cu o grosime de 3 m.

Întregul reactor este acoperit de o placă de fontă de 3,9 m diametru cu o grosime de 500 mm deasupra miezului și 250 mm deasupra reflectorului, care se sprijină pe zidul lateral de protecție biologică.

2.3. Echipamentul clasic al centralei și schema termică

2.3.1. Circuitul primar. Tot circuitul primar de răcire a reactorului este din oțel inoxidabil și este prevăzut cu protecție biologică.

Răcirea reactorului se realizează cu un debit de apă sub presiunea de 100 at, de circa 300 t/h. Aceasta intră în reactor la 190°C și iese la 260...270°C. Pentru asigurarea circulației acestei ape, sînt prevăzute patru pompe din care una de rezervă.

Este de menționat că activitatea apei din circuitul primar descrește progresiv, pe măsură ce aceasta se depărtează de pilă. Activitatea la ieșire din pilă este datorată oxigenului radioactiv (0,2 curie/litru) care are o perioadă scurtă de dezintegrare (7 secunde). După ce apa a parcurs întreg circuitul primar, rămîne numai cu o activitate foarte redusă de 2.10^{-5} curie/litru, care se datorește numai activității impurităților.

Instalația este prevăzută de asemenea cu compensatoare de volum, constînd din rezervoare în comunicație cu butelii de gaz comprimat, care au ca scop să compenseze variațiile de volum ale apei în circuitul primar produse în cursul încălzirii sau răcirii acesteia, sau în caz de scăpări.

Pe derivația circuitului primar sînt prevăzute aparate de recombinație catalitică, care ard amestecul exploziv (H_2, O) care se formează prin descompunerea apei sub acțiunea bombardamentului de neutroni.

2.3.2. Circuitul secundar. Circuitul secundar, constînd din suprafața secundară a generatorului de abur, grup, condensatoare, degazor și pompe, nu are comunicație cu circuitul primar. Din acest motiv, apa din circuitul secundar nu e radioactivă, decît în caz de accident în eventualitatea cu totul improbabilă în care s-ar produce fisuri în tuburile generatorului de abur. Din acest motiv, echipamentul din circuitul secundar nu diferă de echipamentul clasic.

Aburul se produce în 8 generatoare de abur, care sînt grupate două cîte două în camere separate, izolate. În regimul de plină sarcină, trei perechi sînt în funcțiune, a patra în rezervă. Fiecare generator de abur se compune dintr-un preîncălzitor de apă, un evaporator și un supraîncălzitor de abur. Căldura pentru generator este asigurată de debitul de apă din circuitul primar de răcire al reactorului, care intră în generator la 260...270°C și iese cu 190°C.

Cele trei grupe de generatoare produc un debit de abur de 40 t/h, la presiunea de 12,5 at și temperatura de 255...260°C ce alimentează un turbogenerator de 5 MW-e. Turbina are o turație de 1 500 rot/min.

Energia este produsă la tensiunea de 6,3 kV.

Pentru perioada de pornire, pentru accidente ca și pentru cercetări, reactorul este prevăzut cu un condensator de demarare, care permite evacuarea căldurii prin circuitul de răcire.

Centrala dispune și de o baterie de acumulatoare de capacitate mare, care poate să asigure pe o durată de mai multe ore alimentarea motoarelor electrice și a pompelor de circulație principale, la o sarcină redusă.

2.4. Conducerea centralei și măsuri de securitate

Conducerea centralei se face în totalitate de la camera de comandă. Pe panoul central de comandă sînt indicate pe lîngă altele și : poziția barelor de siguranță, temperatura apei la ieșirea din canale, debitul și presiunea apei în circuitul primar, puterea termică a reactorului, cantitatea și calitatea aburului produs etc.

În toate sălile centralei s-au instalat camere de ionizare pentru măsurarea razelor gamma și o instalație de prelevare de aer pentru urmărirea radioactivității, astfel ca să se poată asigura protecția personalului contra radiațiilor.

În plus fiecare membru al personalului dispune de un creion special cu care poate măsura activitatea.

Toate sălile centralei sînt ventilate cu îngrijire și aerul este refulat în coșul înalt al centralei.

Cînd reactorul funcționează normal, există cu toate acestea în vecinătatea lui o radioactivitate ușoară datorită argonului din aer.

2.5. Exploatarea

Pornirea reactorului de la puterea zero pînă la o putere oarecare dată se poate face în circa 1/2 oră cînd circuitul este cald. Aceasta constituie operația cea mai delicată, în special cînd reactivitatea reactorului nu este cunoscută exact.

Înlocuirea elementelor de combustibil se efectuează de obicei pe sectoare, pentru a economisi combustibil nuclear. În același timp se încarcă reactorul cu elemente noi și se deplasează către centru elementele periferice mai puțin arse. Prin aceasta se mărește gradul de ardere al uraniului U_{235} cu circa 20%.

Deplasarea elementelor de combustibil se efectuează odată la fiecare două luni, operația necesitînd două pînă la trei zile.

Pentru o bună funcționare a reactorului, apa din circuitul primar este foarte pură. În acest scop se utilizează apă dublu distilată, cu un reziduu mai mic de 1 mg/l. În timpul funcționării, reziduul din circuitul primar crește și se menține la o valoare constantă de 3 mg/l printr-un drenaj continuu de apă și înlocuirea acesteia cu apă dublu distilată (300 l/h).

Pe bază de studii întocmite, s-a stabilit că demararea pilei de la rece, de exemplu după revizie, trebuie să fie făcută într-o oră și jumătate sau două ore, trimițînd în condensatorul de demarare aburul care nu a atins caracteristicile cerute de alimentarea grupului.

În timpul întregii durate de funcționare a centralei, nu s-a întîmplat nici un caz în care personalul să fie supus la o iradiație excesivă.

Funcționarea neîntreruptă timp de 5 ani a confirmat că reactorul centralei nuclearoelectrice Obminsk are o siguranță mare în funcționare.

Rezultatele primei perioade de exploatare a centralei au permis îmbunătățirea constructivă a unor părți din centrală, găsirea regimului și a metodelor optime de exploatare a reactorului și au deschis calea unor noi cercetări în vederea găsirii tipului optim de reactor.

În ultima vreme s-au făcut încercări de a se trece reactorul în regim de fierbere prin executarea unor modificări mici. Experiențele au dat rezultate bune și ulterior s-a încercat și supraîncălzirea nucleară a aburului în unele canale de combustibil.

3. CENTRALA NUCLEAROELECTRICĂ YANKEE [8, 9, 10]

CNE Yankee este amplasată în partea estică a SUA aproape de Oceanul Atlantic, în localitatea Rowe, statul Massachusetts.

În prima etapă, puterea centralei este de 118 MW-e, iar după înlocuirea miezului reactorului, puterea CNE va ajunge la 145 MW-e brut (134 MW-e net). Se prevede apoi ca fără modificări importante puterea CNE Yankee să fie crescută la 160 MW-e.

Centrala este echipată cu un reactor cu apă sub presiune, moderat și răcit cu apă ușoară H_2O, folosind drept combustibil uraniu puțin îmbogățit (2,6...3,2%).

Lucrările de construcție ale centralei au început în primăvara anului 1958. Reactorul a devenit critic în august 1960, iar centrala a intrat în funcțiune în decembrie 1960.

3.1. Schema termică

Centrala nuclearoelectrică Yankee este echipată cu un reactor lent, răcit cu apă naturală sub presiune și moderat cu apă, folosind bioxid de uraniu îmbogățit.

Într-o primă etapă, puterea reactorului va fi doar de 384...392 MW-t, iar puterea centralei nu va depăși 118 MW-e brut, 110 MW-e net.

Ulterior, prin schimbarea miezului, puterea reactorului va crește pînă la 482...484 MW-t, iar puterea centralei va ajunge la 145 MW-e brut, 134 MW-e net.

Centrala este prevăzută cu două circuite :

— circuitul primar de apă pentru răcirea reactorului ;

— circuitul secundar de apă-abur al turbinei.

În circuitul primar de răcire a reactorului format din patru bucle paralele, sînt vehiculate 16 800 t/h apă la presiunea de 140,6 ata. Apa

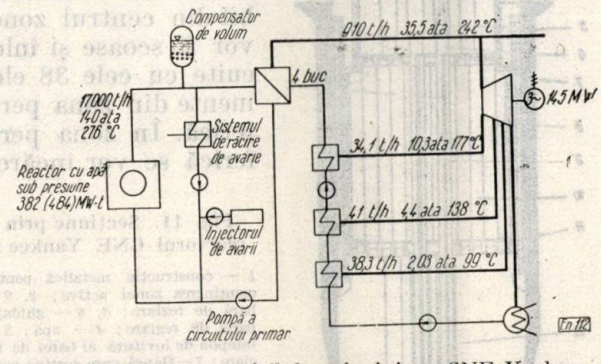


Fig. 10. Schema termică de principiu a CNE Yankee.

intră cu o temperatură de 255...260°C și iese cu o temperatură de 273...276°C.

În circuitul secundar se produce abur saturat (circa 4 × 228 t/h) de 36,6 ata, 242...246°C care alimentează o turbină cu abur de joasă presiune în două corpuri, de 160 MW-e (fig. 10).

3.2. Randamentul centralei

Randamentul brut al centralei în prima etapă este de 30%, iar randamentul net de 28,1%. Consumul serviciilor interne ale centralei atinge valoarea de 9,5...11,0 MW-e, ceea ce reprezintă 6,6...7,6% din puterea centralei.

3.3. Reactorul

Părțile principale ale reactorului CNE Yankee sînt: miezul reactorului cu elementele de combustibil și barele de reglare, protecțiile termice și vasul de presiune al reactorului (fig. 11).

3.3.1. Miezul reactorului. Miezul reactorului are o formă apropiată de un cilindru cu diametrul de 1,89 m. Înălțimea miezului inițial este de 2,28 m. S-a lăsat posibilitatea modificării înălțimii zonei active, pentru a se putea utiliza miezuri de diverse înălțimi, în vederea obținerii unei eficiențe maxime a reactorului. Se prevede ca cel de-al doilea miez al reactorului să aibă o înălțime de 2,60 m.

Miezul reactorului este format din două zone de combustibil concentrice. Fiecare zonă este compusă din 38 elemente combustibile de formă paralelipipedică cu latura pătratului de 194,5 mm, așezate în rînduri paralele de cîte 4—6—8—10—10—10—8—6—4 bucăți. Între elementele combustibile sînt prevăzute spații în formă de cruce pentru barele de reglare.

Prima încărcătură de combustibil a celor două zone trebuie să asigure funcționarea centralei la plină sarcină timp de 5 000 ore.

După această perioadă, cele 38 elemente de combustibil din centrul zonei vor fi scoase și înlocuite cu cele 38 elemente din zona periferică. În zona periferică se vor încărca

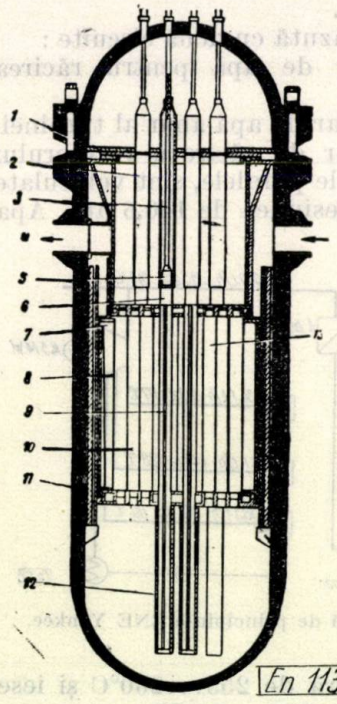


Fig. 11. Secțiune prin reactorul CNE Yankee:

1 — construcție metalică pentru menținerea zonei active; *2, 9* — bară de reglare; *3, 6* — ghidajul barei de reglare; *4* — apă; *5* — tampon de lovitură al barei de reglare; *7* — flanșă care susține ecranele; *8* — ecranul zonei active; *10* — element de combustibil; *11* — corpul reactorului; *12* — montarea barei de reglare; *13* — zona activă.

38 elemente combustibile proaspete. Această metodă permite exploatarea zonei active cu putere termică mărită. Densitatea de putere în miez atinge valoarea de 51,85 kW/l.

Agentul de răcire intră în vasul reactorului prin partea superioară, coboară prin exteriorul zonei active și urcă apoi prin elementele de combustibil ale zonei active.

La o putere termică a reactorului de 392 MW-t, debitul de căldură este de 337.10^6 kcal/h.

Evacuarea acestei cantități de căldură este asigurată de un debit de apă de 16 800 t/h, din care însă numai 15 100 t/h trec prin interiorul barelor de combustibil.

Greutatea totală a primului miez este de 29 750 kg, în care sînt cuprinse 23 738 kg de bioxid de uraniu (20 880 kg U), 4 098 kg de oțel inoxidabil și 1 350 kg de zircaloy etc.

Raportul dintre volumul de apă și cel de bioxid de uraniu este de 1,33, iar raportul dintre apă și uraniul metalic este de 2,80.

3.3.2. Parametrii nucleari. Parametrii nucleari ai miezului pentru condițiile de funcționare sînt:

— probabilitatea de evitare a captării de rezonanță $p = 0{,}562...0{,}727$ medie 0,670;
— coeficientul de multiplicare a neutronilor rapizi $e = 1{,}04-1{,}062$;
— pătratul lungimii de încetinire a neutronilor $T = 50...55{,}5$ cm²;
— laplacianul reactorului 0,0722 cm^{-2}
— factorul de multiplicare efectiv $k_{ef} = 1{,}090$ cînd reactorul este „cald" și $k_{ef} = 1{,}22$ cînd reactorul este „rece" și „curat";

— excesul de reactivitate de 23,2% este compensat de:
temperatură 9,7%...11,4%
Xenon + Samariu 3,2%
arderea combustibilului 10,3%...8,6%
— excesul total de reactivitate: 21,9% Δ k/k
— fluxul mediu de neutroni termici $2{,}0.10^{13}$ n/cm².s
— fluxul mediu de neutroni termici $9{,}6.10^{13}$ n/cm².s
— fluxul mediu de neutroni rapizi pentru neutronii cu o energie de:

0,625...5500 eV este de $6{,}8.10^{13}$ n/cm².s;
0,0055...0,8 MeV „ „ 9.10^{13} n/cm².s
0,8 ... 10,0 MeV „ „ $7{,}5.10^{13}$ n/cm².s

— coeficientul negativ de temperatură al reactivității la puterea zero:

pentru moderator $-5{,}4 \times 10^{-2}$% Δk/k.grd
pentru combustibil $-8{,}3 \times 10^{-3}$% Δk/k.grd

— coeficientul de reproducere a combustibilului: 0,529
— viața neutronilor: $2{,}5.10^{-5}$ s
— factorul de fisiune termică: $\eta = 2{,}07$
— factorul de utilizare termică: $f = 0{,}737$.

3.3.3. Elementele combustibile. În primul miez al reactorului se vor încărca circa 23,7 t de bioxid de uraniu îmbogățit 2,6...3,4% cu U_{235}.

O încărcătură de combustibil se compune din 76 elemente combustibile de cîte 454 kg fiecare, de formă pătrată. Fiecare element are o lungime totală de 2,80 m și o lungime a părții active de 2,30 m. Pătratul are o latură de 187 mm.

Elementul de combustibil se compune din 305...306 bare de combustibil de 8,55 mm diametru și 2,59 m lungime, așezate în elementul de combustibil după o rețea pătrată cu pasul de 10,8 mm (cîte 18 bare pe o latură a

elementului de combustibil). În reactor sînt instalate 23 142 bare de combustibil.

O bară de combustibil este formată din 150 pastile de bioxid de uraniu de 15,2 mm înălțime și 7,62 mm diametru. Pastilele sînt introduse într-un tub de oțel inoxidabil etanș cu pereții de 0,53 mm.

Gradul de ardere a combustibilului nuclear este 7 800...8 100 MWz/t uraniu. Pentru unele elemente combustibile se va ajunge la un grad de ardere maxim de 40 000 MWz/t.

3.3.4. Barele de reglare. Pentru comanda reactorului se folosesc 32 bare de reglare de secțiuni în formă de cruce acționate individual, cu acționare manuală sau automată.

Barele sînt confecționate dintr-un aliaj de Ag, In, Cd. Pătratul în care se înscrie crucea are latura de 200 mm iar lățimea brațului este de 7,25 mm.

Barele se continuă cu niște tije confecționate din aliaj de zirconiu, care sînt destinate dirijării barelor de reglare și prevenirii apariției cavității de apă în zona activă cînd se retrage partea activă a barei.

Pentru a se preveni corodarea barelor de reglare, acestea au fost acoperite cu un strat foarte fin de nichel (0,01 mm).

Barele sînt amplasate în spațiile libere dintre elementele combustibile și sînt acționate prin capacul vasului reactorului. Viteza de cădere a barelor este de 254 mm/s. Pentru reglarea și comanda propriu-zisă a reactorului se folosesc numai 24 bare. Restul de 8 bare sînt folosite pentru compensarea fluxului de neutroni. Ele sînt confecționate din oțel cu bor și zircaloy. Barele de reglare pot asigura menținerea în stare subcritică a miezului reactorului. În plus se prevede un control al reactorului cu o injecție de bor.

3.3.5. Vasul de presiune al reactorului. Miezul reactorului este amplasat într-un vas metalic de formă cilindrică confecționat din tole de oțel carbon de 203 mm grosime, căptușit în interior cu o tablă de oțel inoxidabil de 2,5 mm. Vasul are o înălțime totală de 9,60 m și un diametru exterior de 2,77 m.

Cele 4 stuțuri de intrare și ieșire a apei, de 485 mm diametru, sînt prinse în partea superioară a cilindrului vasului, imediat sub flanșa de prindere a capacului.

Cu excepția protecției termice, toată structura internă a reactorului este susținută de un inel metalic. Piesele componente stau în locurile lor datorită greutății.

Greutatea totală a vasului, inclusiv capacul, este de 250 t. Vasul lucrează la o presiune de 140 ata, dar a fost calculat și probat la 175 ata, și temperatura de 343°C.

3.3.6. Protecția termică. Protecția termică de neutroni este asigurată de straturi alternative de oțel și apă.

Ecranele, reprezentate prin trei cilindri deschiși la capete, sînt coaxiale cu miezul și au grosimi de 25,4 mm, 50,8 mm și 76,2 mm.

Diametrele cilindrilor sînt de 2,35 m și 2,52 m.

3.3.7. Protecția biologică. Protecția biologică este formată din straturi de apă și beton greu. Stratul de apă din jurul reactorului are o grosime de 0,76 m iar zidul de beton atinge grosimea de 2,44 m.

În timpul funcționării reactorului, spațiul de deasupra capacului și spațiul de sub fundul reactorului se umple cu apă acidulată cu acid boric.

3.3.8. Surse de neutroni pentru pornire. Pentru pornirea și repornirea reactorului a fost necesară prevederea unor surse inițiale de neutroni.

Pentru prima pornire a reactorului se folosește o sursă de neutroni constînd dintr-un amestec de poloniu și beriliu. Aceasta este suficient de puternică pentru demararea primei încărcături de combustibil și pentru a asigura funcționarea în toată perioada de cercetări a reactorului.

Pentru toată perioada de exploatare a reactorului s-au prevăzut surse regenerative de antimoniu-beriliu, care sînt activate în timpul perioadei de pornire de sursa poloniu-beriliu. Aceste surse sînt închise în tuburi de oțel inoxidabil montate pe 4 tije verticale, fiecare intrînd cîțiva cm în diferite sectoare ale miezului.

3.4. Conteinerul centralei

Conteinerul centralei reprezintă o sferă de oțel în care sînt așezate toate componentele părții nucleare și ale circuitului termic primar. Diametrul conteinerului este de 38 m, volumul total de 28 600 m³ iar volumul liber de 23 500 m³. Grosimea tablei din care este confecționată sfera este de 122 mm.

4. CENTRALA NUCLEAROELECTRICĂ DIN R.D.G. [11, 12]

În RDG este în construcție prima centrală nuclearoelectrică. Centrala este amplasată în regiunea de lacuri Grosse Stechlin-See la 4 km de localitatea Neu-Globsow și la 10 km de Rheinsberg.

Alegerea amplasamentului s-a făcut în așa fel ca în interiorul unui cerc cu o rază de 3 km să nu fie permisă construirea de locuințe permanente și nici folosirea agricolă a terenului sau pășuni pentru animale. În afară de aceasta, în regiunea înconjurătoare pe o rază de 5 km se prevede să se facă controlul radioactiv în timpul exploatării [11, 12].

Centrala va fi construită în două etape de cîte 70 MW-e, cu cîte un reactor și un grup turbogenerator cu condensație de 70 MW pentru fiecare etapă.

În prima etapă se instalează în CNE un reactor cu apă uşoară sub presiune, care utilizează drept combustibil bioxid de uraniu (UO_2) îmbogăţit cu 1,4...1,5% U_{235}. Proiectarea şi construcţia reactorului din prima etapă sînt executate de U.R.S.S. cu cooperarea RDG. Reactorul este livrat de U.R.S.S. Stadiul de construcţie al primei etape este avansat, clădirea reactorului fiind terminată în roşu.

Extinderea centralei în cea de-a doua etapă va fi făcută de RDG, folosind consilieri din U.R.S.S.

Reactorul, de construcţie sovietică, cu apă uşoară sub presiune, are o putere termică de 265 MW-t. Elementele de combustibil sînt confecţionate din bioxid de uraniu îmbogăţit şi sînt îmbrăcate în tuburi de zircaloy.

Vasul de presiune al reactorului este de formă cilindrică, cu un diametru de 3 m şi o înălţime de circa 11 m.

Date fiind condiţiile speciale de existenţă a unei zone mari nelocuite în jurul centralei, reactorul nu se închide în conteinerul de protecţie.

Circuitul primar de răcire a reactorului constă din trei bucle paralele în care circulă apă la presiunea de 100 at. Temperatura apei la intrare în reactor este de 250°C, iar la ieşire de 265°C. Fiecare buclă este prevăzută cu o pompă de circulaţie de 5 250 m^3/h, şi cu trei boilere de abur, pentru o producţie maximă de abur saturat de 60 t/h la 32 at şi 231°C. Aburul de la cele 9 boilere ale centralei este condus la turbină.

Apa de răcire a condensatoarelor turbinei va fi luată din partea de nord a lacului Nehmitz şi evacuată în marele lac Stechlin. În exploatare, în etapa finală, se aşteaptă să se producă o ridicare a temperaturii lacului cu circa 1,5 grd. Ţinînd seama că aici se dispune de o sursă de căldură liberă, Academia de Ştiinţe intenţionează să întemeieze aci un acvariu. Pentru evitarea infectării radioactive se vor efectua măsurători ale radioactivităţii.

5. CENTRALA NUCLEARĂ DE TERMOFICARE R-3 ADAM [13, 14, 15, 16]

Centrala nucleară de termoficare R-3 Adam din Suedia este situată la Ågesta (regiunea Ohguestah) la circa 16,3 km de Stockholm. Centrala va asigura alimentarea cu căldură pentru încălzire şi apă în scopuri menajere a unui nou oraş satelit de 35 000 locuitori, care se construieşte în împrejurimile de sud ale oraşului Stockholm.

CNT R-3 Adam se dezvoltă în două etape. În prima etapă va produce simultan o putere electrică de 10 MW-e şi un debit de căldură, sub formă de apă caldă pentru termoficare urbană, de 55 MW-t. În etapa a doua, prin adăugarea unui supraîncălzitor de abur cu combustibili clasici, puterea centralei se va mări astfel că va putea produce sau 47 MW-e în condensaţie, sau 36 MW-e plus 70 MW-t pentru termoficare.

Lucrările de construcţie ale centralei au început în 1957 şi se prevede ca CNT să intre în funcţiune în 1962.

Reactorul CNT R-3 Adam este prevăzut ca prototip pentru centralele de termoficare urbane şi este construit cu scopul de a demonstra eficacitatea economică a acestora şi siguranţa de funcţionare a reactoarelor nucleare.

Centrala este echipată cu un reactor de tipul cu apă sub presiune de 75...100 MW-t, folosind ca agent termic şi moderator apa grea (D_2O) şi drept combustibil uraniu natural. Reactorul se va construi fără conteiner, fiind instalat într-o peşteră special excavată în stîncă.

Vasul de presiune al reactorului, confecţionat din oţel inoxidabil, este de formă cilindrică cu diametrul de 4,57 m şi înălţimea de 5,80 m. Miezul reactorului constă din 140 elemente combustibile formate din bare de bioxid de uraniu natural îmbrăcate în zircaloy.

Pentru reglarea reactorului, sînt prevăzute 2 bare de reglare şi 27 bare de avarie, confecţionate dintr-un aliaj de argint-indiu-cadmiu.

Apa grea este pompată în reactor la o temperatură de 204°C şi presiune de 34,8 at, trece apoi prin elementele combustibile şi iese cu o temperatură de 221°C. Sistemul primar conţine circa 70 t apă grea.

Din reactor apa grea se introduce în cele patru boilere în care se produce abur saturat cu presiunea de 14 ata şi temperatura de 198°C. Debitul total de abur la plină sarcină este de 107 t/h.

În prima etapă se va utiliza un grup turbogenerator cu contrapresiune de 10 MW, transformat dintr-un grup cu condensaţie de 15 MW-Schema termică a CN. R-3 Adam în prima etapă este dată în fig. 12.

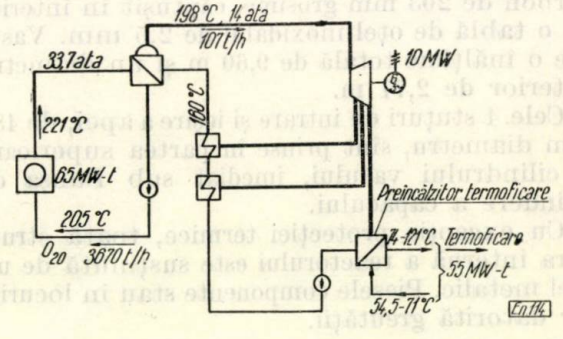


Fig. 12. Schema termică de principiu a CNE „R-3 Adam". Etapa I.

În etapa a doua se va mări numărul boilerelor din circuitul primar, se va instala un cazan supraîncălzitor cu păcură şi se va înlocui grupul cu un grup cu condensaţie şi prize, astfel ca

centrala să poată produce vara 47 MW-e în condensație. Iarna, cînd se va livra consumatorilor termici urbani un debit de căldură de 70 MW-t, grupul va produce 36 MW-e.

6. CONSIDERAȚII ASUPRA STADIULUI, EVOLUȚIEI ȘI CONSTRUCȚIEI REACTOARELOR ENERGETICE CU APĂ SUB PRESIUNE

6.1. Stadiul actual al construcției

Deși nu au trecut decît șase ani de la intrarea în funcțiune a primei centrale nucleroelectrice industriale (Obminsk în 17 iunie 1954), la sfîrșitul anului 1960 erau în funcțiune în centrale nucleroelectrice echipate cu reactoare cu apă sub presiune, 315 MW-e, în construcție 595 MW-e și în proiectare și planificate 982 MW-e.

Din datele cunoscute în 1960, din puterea de 785 MW-e în funcțiune, erau instalați în :

	MW-e	%
— reactoare cu apă sub presiune	278	35,4
— reactoare cu gaze, moderator grafit	295	37,6
— reactoare cu apă în fierbere	190	24,2
— reactoare de alte tipuri	22	2,8
Total	785	100,0

Dintre centralele cu reactoare cu apă sub presiune în funcțiune, trebuie menționate centrala Obminsk (5 MW-e), primul grup de 100 MW-e din centrala din Siberia de 600 MW-e, Shippingport (100 MW-e în prezent) și Yankee (118 MW-e).

În construcție se găsesc centralele Voronej (420 MW-e), centrala din RDG (70 MW-e), Indian Point (275 MW-e), R-3 Adam din Suedia (10 MW-e + 55 MW-t), NPD-Canada (20 MW-e), BR-3 Mol din Belgia (11,5 MW-e).

Pentru perspectivă, sînt prevăzute centralele Enrico Fermi din Italia (180 MW-e), Chooz (242 MW-e), CANDU din Canada (200 MW-e), California (360 MW-e).

6.2. Evoluția tehnică a soluțiilor

6.2.1. Puterile reactoarelor. Spre deosebire de reactoarele energetice răcite cu gaze, din care sînt în construcție mai multe unități cu puteri și caracteristici apropiate, reactoarele cu apă sub presiune se prezintă într-o gamă foarte variată de puteri, caracteristici tehnice, combustibili și moderatori.

Reactoarele cu apă sub presiune, exceptînd unitățile inițiale sau cu caracter pilot (BR-3 Mol de 11,5 MW-e, NPD de 20 MW-e) sau de termoficare (R-3 Adam 10 MW-e + 55 MW-t), au puteri mari și foarte mari (tab. 1). Astfel, acestea se construiesc cu puteri între 100 MW-e și 360 MW-e.

Ceea ce limitează în prezent puterea acestor reactoare la valoarea de 360 MW-e sînt posibilitățile de transport ale vasului de presiune, care, dat fiind condițiile tehnice deosebite care se cer, nu poate fi asamblat decît în uzina constructoare.

Reactoarele studiate se grupează după puteri astfel :

	Nr. reactoare
— cu puteri între 5 — 20 MW-e	5
— cu puteri între 70 — 100 MW-e	3
— cu puteri între 120 — 199 MW-e	3
— cu puteri între 200 — 250 MW-e	3
— cu puteri de 360 MW-e	1

Se constată deci tendința spre unități mari și foarte mari.

6.2.2. Moderatorul pentru reactoare. Prima centrală nucleară cu apă sub presiune (Obminsk) a folosit ca moderator grafitul. De asemenea reactorul centralei de 600 MW-e din Siberia folosește ca moderator tot grafitul.

Celelalte reactoare folosesc ca moderator apă ușoară sau apă grea.

În cazurile în care s-a dispus de posibilități de procurare a apei grele și s-a urmărit să se utilizeze uraniu natural, reactoarele au fost prevăzute cu apă grea ca agent termic, ca reactoarele NPD (Canada), CANDU (Canada) și R-3 Adam (Suedia). Cantitatea de apă grea pentru moderare și răcire este importantă, ajungînd la 70 t la centrala R-3 Adam și 36,8 t la NPD.

Celelalte reactoare sînt cu apă ușoară și cu uraniu îmbogățit.

În general, se constată tendința de a se renunța la folosirea grafitului ca moderator, care ridică în general probleme mai grele de preparare și exploatare.

De asemenea, din cauza costului ridicat și a greutăților de procurare, se remarcă o folosire limitată a apei grele ca moderator și răcitor, cu toate că permite folosirea uraniului natural, în locul celui îmbogățit.

6.2.3. Combustibil nuclear. Reactoarele cu apă sub presiune sînt de tipul reactoarelor cu neutroni termici. Apa naturală are un grad mare de absorbție de neutroni (secțiunea eficace de absorbție este mare la apa ușoară și anume de 0,66 barni, față de 0,0029 barni la D_2O și 0,0045 barni la grafit).

Introducerea apei ușoare (H_2O) în reactoarele cu apă sub presiune impune, pentru menținerea reacției în lanț, să se utilizeze uraniu îmbogățit. Excepție fac reactoarele moderate și răcite cu apă grea (care are o secțiune eficace de absorbție mică), care pot fi prevăzute cu uraniu natural.

6.2.4. Combustibilul pentru centrală. Drept combustibil se utilizează uraniu îmbogățit iar pentru cazul reactoarelor cu D_2O, uraniu natural. Ca material fertil se poate folosi toriul sau uraniul natural.

Astfel la centrala Indian Point se prevede pe lîngă materialul fisibil (uraniu mult îmbogățit) și folosirea toriului ca material fertil, iar la Shippingport, uraniul natural.

Gradul de îmbogățire al uraniului variază în limite largi, în medie 1,4...5%. În sîmburele miezului, gradul de îmbogățire poate ajunge pînă la 93%.

Încărcătura specifică de uraniu variază cu gradul de îmbogățire a combustibilului și cu mărimea reactorului. Pentru valorile cunoscute, aceasta este cuprinsă între 0,112...0,237 t/MW-e instalat. Reactoarele cu uraniu natural ajung la 0,685—2,0 t/MW-e instalat.

6.2.5. Gradul de ardere al combustibilului. Reactoarele cu apă sub presiune, funcționînd în general cu uraniu îmbogățit, au un grad de ardere mai mare decît cele răcite cu gaze.

Pe cînd cele cu gaze aveau un grad de ardere în jurul lui 3 000 MW termici. zi/t, cele cu apă sub presiune au valori care nu scad în general sub 4 000 MWz/t.

Valorile medii se plasează între 5 000...6 000 MWz/t, iar valorile maxime pot ajunge pînă la 8 100 MWz/t.

6.2.6. Bare de reglare. Pentru reglarea reactoarelor și pentru siguranță, acestea se prevăd cu bare de reglare și de siguranță. Ca material, acestea sînt făcute din bor, hafniu sau aliaje de cadmiu, indiu și argint.

Eficacitatea totală a barelor de reglare (% Δk/k) este diferită în funcție de centrală, variind între 13...26,5% în reactoarele cu apă ușoară, 0,25...0,3% în cele cu apă grea. În schimb, la reactoarele cu apă grea, eficacitatea totală a barelor de siguranță ajunge pînă la 16%.

6.2.7. Caracteristici nucleare. Factorul de conversiune în reactoarele energetice cu apă sub presiune variază mult cu tipul reactorului. Astfel, pentru reactoarele mai mari o serie de valori se plasează între 0,469...0,53 și o altă serie între 0,75...0,85.

Fluxul mediu de neutroni are valori cuprinse în general între $1...2{,}6.10^{13}$ neutroni/cm^2.s.

Coeficientul mediu de temperatură este negativ și variază în limitele $-3{,}1.10^{-3}$% Δk/k.grd la Shippingport și -200.10^{-4}% Δ k/k.grd la Voronej.

Excesul disponibil de reactivitate la reactorul în stare rece variază între 6,8...9,0% la reactoarele cu uraniu natural cu moderator apă grea și între 11...23,2% la cele cu uraniu îmbogățit și apă ușoară.

6.2.8. Agentul de răcire. Majoritatea reactoarelor energetice cu apă sub presiune au prevăzut ca agent primar apa ușoară (H_2O). Excepție fac NPD și CANDU din Canada și R-3 Adam din Suedia.

Temperatura apei la intrarea în reactor este cuprinsă între 180°C și 285°C și în general se găsește în jurul valorii de 255°C. Temperatura apei la ieșire variază între 220...302°C, cele mai multe valori plasîndu-se în jurul lui 275°C. Presiunea apei ajunge pînă la 150 at.

Debitul de apă de răcire circulat prin reactor este foarte important, pentru reactoarele mari atingînd valori de 34 000 t/h.

6.2.9. Circuitul secundar apă-abur. Toate reactoarele energetice studiate sînt prevăzute cu un circuit secundar apă-abur.

Debitul total de abur produs variază cu puterea reactorului și parametrii aburului la intrarea în turbină, ajungînd la 910 t/h la Yankee și 1 380 t/h la Voronej.

Presiunea aburului la turbină este în general scăzută, nedepășind valoarea de 46 at. Temperatura aburului este cuprinsă între 185°C la 538°C.

Turbinele se alimentează cu abur saturat (ex. CNE Voronej 30 at, 230°C, CNE Siberia 42 at, 252°C, CNE Yankee 35 at, 242°C).

Supraîncălzirea aburului se face cu combustibil clasic (păcură), așa cum se prevede pentru CNE Indian Point și CNE R-3 Adam.

6.2.10. Randamentul centralei. Randamentele termice ale centralelor nucleare echipate cu reactoare cu apă sub presiune au în general valori mai reduse, din cauza parametrilor mici ai aburului la intrarea în turbină.

Astfel, randamentul termic brut al centralei, exceptînd valoarea de 16,7% a agregatului de 5 MW-e, se plasează între 26,4 și 31,3% (tab. 1).

6.2.11. Conteinerul reactorului. În cazul în care centrala este amplasată la distanțe reduse de centrele locuite, se obișnuiește ca reactorul și componentele radioactive ale instalației să fie închise într-un conteiner.

Conteinerul este o construcție etanșă din oțel, capabilă să reziste la presiune în caz de avarie a reactorului. El este de formă sferică sau cilindrică. Diametrul sferei poate ajunge pînă la 48,8 m, iar la cilindru diametrul de 16,54 m și înălțimea de 32,6 m.

Pentru reactorul din RDG s-a renunțat la conteiner, centrala fiind amplasată într-o regiune de lacuri departe de zonele locuite. Reactorul de la R-3 Adam fiind instalat într-o peșteră, nu a mai fost necesar conteinerul.

Reactorul de la Voronej, de asemenea, nu are conteiner.

6.3. Valori economice

Investițiile specifice în CNE echipate cu reactoare cu apă sub presiune, deși sînt mai scăzute decît în cele echipate cu reactoare răcite cu gaze, au încă valori mult mai ridicate decît investițiile specifice în centralele clasice.

Investiția specifică medie pentru CNE echipate cu reactoare cu apă sub presiune se plasează :

CNE cu puteri cuprinse :	Investiția specifică a 1 kW-e instalat	
	$/kW-e	%
70—100 MW-e	1000	514
120—199 „	356—518	183—266
200—250 „	290—330	149—170
360 „	195	100

7. Concluzii

În prezent, din punct de vedere energetic, construcțiile de centrale nuclearoelectrice se bazează în special pe trei tipuri principale de reactoare: reactoare răcite cu gaze, reactoare răcite cu apă sub presiune și reactoare cu apă în fierbere. În afară de aceasta se urmăresc îndeaproape reactoarele cu moderator organic și cele cu neutroni rapizi.

Experiența acumulată în CNE echipate cu reactoare cu apă sub presiune: Obminsk, Siberia și Shippingport, a confirmat că acest tip de reactor are o funcționare foarte stabilă și un grad înalt de siguranță.

Renunțarea la grafit ca moderator a avut ca urmare eliminarea inconvenientelor pe care le aduce acesta în exploatare și construcție.

Folosirea uraniului îmbogățit conduce pe lîngă micșorarea volumului specific și la mărirea gradului de ardere al combustibilului. Mărirea gradului de ardere al combustibilului are ca urmare lungirea duratei de folosire a elementelor combustibile, ceea ce permite ca înlocuirea combustibilului să se facă după perioade de 1...4 ani. Aceasta dă posibilitatea să se renunțe la mașina de încărcare-descărcare pentru schimbarea sub sarcină a încărcăturii de combustibil, ceea ce conduce la micșorarea investițiilor și simplificarea instalațiilor.

Investițiile specifice pentru aceste centrale sînt încă foarte ridicate, depășind cu mult investițiile în centralele termoelectrice clasice.

Bibliografie

[1] Iaderna Energie (CSR) – 1959, nr. 12.
[2] Energietechnik (R.D.G.) 1958, nr. 3.
[3] Conferința Internațională de la Geneva, 1958, vol. III.
[4] Atomkernenergie nr. 10.
[5] Nuclear Engineering 1959, nr. 7, 9.
[6] Directory of Nuclear Reactors, vol. I – Agenția Internațională pentru Energia Atomică. Editat de Kärntner Ring-Viena, 1959.
[7] Ușakov – Prima CNE (U.R.S.S.) – GEI, 1959.
[8] Referate la Conferința Internațională pentru utilizarea energiei atomice în scopuri pașnice. Geneva 1958, vol. IV.
[9] Energheticeschie Reactori v SȘA Atomizdat 1960.
[10] Nuclear Engineering 1960, octombrie.
[11] Energie Nucléaire 1959, nr. 1 –2.
[12] Atomkernenergie 1960, nr. 9, sept.
[13] Nuclear Engineering 1960, mai.
[14] Nuclear Energy 1960, august.
[15] Atomnaia Tehnica za Rubejom (U.R.S.S.) 1960, nr. 9.
[16] Energia Nucleare vol. 7, 1960, nr. 6, iunie.

Considerații asupra mărimii optime a ecranelor intermediare la cazanele moderne cu combustibil gazos

N. ANTONESCU

Arzătoarele moderne de gaze permit o ardere foarte intensivă, astfel încît încărcarea termică a spațiului de ardere poate ajunge la valori foarte ridicate. Atît în cazul cînd aceste arzătoare sînt așezate în antefocare de cazane, cît și în cazul cînd ele realizează în parte arderea în focarul cazanului, rolul funcțional principal al focarului cazanului nu va mai fi cel de ardere, ci cel de cameră de transmisie a căldurii prin radiație.

La aceste focare, ecranarea nu mai trebuie să țină seama de necesitatea realizării unei bune arderi în focar și poate în consecință să fie dimensionată după criterii economice. Astfel, ecranele intermediare, care prezintă o mare eficacitate datorită iradierii bilaterale, pot fi mult dezvoltate, devenind posibilă dimensionarea lor la valoarea suprafeței determinată printr-un calcul economic.

Efectul amplasării unor ecrane intermediare se manifestă atît în sensul scăderii suprafeței necesare de ecrane — datorită măririi eficienței lor, după cum s-a arătat mai sus, — cît și în sensul creșterii suprafeței necesare de ecrane datorită micșorării grosimii stratului mediu radiant de gaze, acesta fiind determinat de relația:

$$s = 3{,}6 \cdot \frac{V_f}{F_{per} + 2\,F_{es}},$$

unde

s este grosimea stratului radiant (m);
V_f — volumul focarului (m³);
F_{per} — suprafața pereților focarului (m²);
F_{es} — suprafațae cranelor intermediare (m²).

Calculul economic al ecranelor intermediare trebuie făcut în cele mai multe cazuri luînd ca bază valoarea lungimii necesare de țeavă realizării tuturor ecranelor. Mărimea suprafețelor ecranate nu este o mărime concludentă în asemenea calcule, deoarece eficiența ecranelor nu este proporțională cu lungimea de țeavă ce intră în alcătuirea lor.

1. Variația suprafeței convenționale de radiație cu suprafața ecranelor intermediare

Calculul variației suprafeței necesare convenționale de radiație se face păstrînd pentru toate cazurile analizate aceeași temperatură a gazelor la ieșirea din focar, aceeași temperatură teoretică de ardere și același regim de sarcină a focarului.

Suprafața convențională de radiație (H) este dată de formula :

$$H = 0{,}79 \cdot 10^8 \frac{B\,Q_R}{\xi\, a_f T_f'' T_a^3} \sqrt[3]{\left(\frac{T_a}{T_f''} - 1\right)^2} \qquad (1)$$

unde :

B este cantitatea orară de combustibil arsă (Nm^3/h) ;

Q_R — căldura cedată prin radiație în focar pentru 1 Nm^3/h combustibil (kcal/Nm^3h) ;

ξ — coeficientul de murdărire a ecranelor, cu valoarea 1 pentru arderea combustibilului gazos ;

a_f — gradul de negreală al focarului ;

T_f'' — temperatura absolută a gazelor de ardere la ieșirea din focar (°K) ;

T_a — temperatura absolută teoretică adiabatică de ardere (°K).

Derivata parțială $\frac{\partial H}{\partial a_f}$ va avea valoarea :

$$\frac{\partial H}{\partial a_f} = -\frac{\beta}{a_f^2}, \qquad (2)$$

în care s-a notat cu β factorul constant :

$$\beta = 0{,}79 \cdot 10^8 \frac{BQ_R}{\xi\, T_f'' \cdot T_a^3} \sqrt[3]{\left(\frac{T_a}{T_f''} - 1\right)^2} \qquad (3)$$

Gradul de negreală al focarului, a_f, depinde de gradul de negreală al flăcării a_Φ, după relația :

$$a_f = \frac{0{,}82}{1 - \psi + \frac{\psi}{a_\Phi}} \qquad (4)$$

unde ψ este coeficientul de ecranare a focarului.

Variația lui a_f cu gradul de negreală a gazelor din focar va fi :

$$\frac{\partial a_f}{\partial a_\Phi} = \frac{\psi a_f^2}{0{,}82\, a_\Phi^2}. \qquad (5)$$

Gradul de negreală al flăcării este determinat de relația

$$a_\Phi = 1 - e^{-(0{,}8 + 1{,}6\, r_{H_2O}) \left(1 - 0{,}38 \frac{T_f''}{1000}\right) \sqrt{r_n \cdot p \cdot s}} \qquad (6)$$

sau notînd cu α factorul constant,

$$a_\Phi = 1 - e^{-\alpha \sqrt{s}}, \qquad (7)$$

unde :

$$\alpha = (0{,}8 + 1{,}6\, r_{H_2O}) \left(1 - 0{,}38 \frac{T_f''}{1\,000}\right) \sqrt{r_n \cdot p} \qquad (8)$$

Notațiile întrebuințate sînt :

e — baza logaritmilor naturali ;

r_{H_2O} — presiunea parțială a vaporilor de apă în gazele de ardere ;

$r_n = r_{H_2O} + r_{CO_2}$ — suma presiunilor parțiale a vaporilor de apă și bioxidului de carbon în gazele de ardere ;

p — presiunea în focar (ata) ;

s — grosimea stratului radiant de gaze (m).

Variația gradului de negreală a flăcării cu grosimea stratului radiant de gaze va fi :

$$\frac{\partial a_\Phi}{\partial s} = \frac{\alpha}{2\sqrt{s}} e^{-\alpha \sqrt{s}} \qquad (9)$$

Grosimea stratului radiant de gaze este dată de formula :

$$s = 3{,}6 \frac{V_f}{F_{per} + 2\,F_{es}} \qquad (10)$$

unde

V_f este volumul focarului (m^3) ;

F_{per} — suprafața pereților de contur ai focarului (m^2) ;

F_{es} — suprafața panoului de ecrane intermediare (m^2).

Rezultă că variația grosimii stratului radiant cu suprafața ecranelor intermediare va fi :

$$\frac{\partial s}{\partial F_{es}} = -2 \frac{s}{F_{per} + 2\,F_{es}}. \qquad (11)$$

Utilizînd formulele (2), (5), (9) și (11), se poate determina variația suprafeței convenționale de radiație, H, cu suprafața ecranelor intermediare.

$$\frac{\partial H}{\partial F_{es}} = \frac{\partial H}{\partial a_f} \cdot \frac{\partial a_f}{\partial a_\Phi} \cdot \frac{\partial a_\Phi}{\partial s} \cdot \frac{\partial s}{\partial F_{es}} =$$

$$= \left(-\frac{\beta}{a_f^2}\right)\left(\frac{\psi a_f^2}{0{,}82\, a_\Phi^2}\right)\left(\frac{\alpha}{2\sqrt{s}} e^{-\alpha\sqrt{s}}\right)\left(-\frac{2s}{F_{per} + 2\,F_{es}}\right) \qquad (12)$$

de unde :

$$\frac{\partial H}{\partial F_{es}} = \frac{1{,}22\, \alpha\, \beta\, \psi \sqrt{s} \cdot e^{-\alpha\sqrt{s}}}{a_\Phi^2 (F_{per} + 2\,F_{es})}. \qquad (13)$$

2. Calculul suprafeței optime de ecrane intermediare

2.1. Suprafața necesară ecranelor intermediare pentru obținerea unui consum minim de țeavă pentru ecrane. Suprafața convențională de radiație este realizată de ecranele laterale și ecranele intermediare după relația :

$$H = F_{el} \cdot X_{el} + 2\,F_{es}\,X_{es}, \qquad (14)$$

unde :

F_{el} este suprafața panourilor de ecrane laterale (m^2) ;

X_{el} — factorul de formă al ecranelor laterale (după nomograma RN6-02 [1] ;

X_{es} — factorul de formă al ecranelor intermediare (după nomograma RN6—02 [1]).

Notînd cu L lungimea totală de țeavă utilizată pentru ecrane, L_{el} lungimea țevilor ecranelor laterale și L_{es} cea a ecranelor intermediare, se pot scrie relațiile :

$$L = L_{el} + L_{es} ; \; F_{el} = L_{el} S_{el} ; \; F_{es} = L_{es} S_{es} \quad (15)$$

$$H = L_{el} S_{el} X_{el} + 2 L_{es} S_{es} X_{es} \quad (16)$$

și

$$H = (L - L_{es}) S_{el} X_{el} + 2 L_{es} S_{es} X_{es} . \quad (17)$$

Rezultă

$$L = \frac{1}{S_{el} \cdot X_{el}} (H + L_{es} S_{el} X_{el} - 2 L_{es} S_{es} X_{es}), \quad (18)$$

unde

S_{el} este pasul ecranării laterale ;

S_{es} — pasul ecranării intermediare.

Condiția de minim a lungimii de țeavă de ecrane va fi :

$$\frac{\partial L}{\partial L_{es}} = \frac{1}{S_{el} \cdot X_{el}} \left[\frac{\partial H}{\partial L_{es}} + S_{el} X_{el} - 2 S_{es} X_{es} \right] = 0, \quad (19)$$

adică :

$$\left[\frac{\partial H}{\partial L_{es}} - 2 \; S_{es} \; X_{es} \right] \frac{1}{S_{el} \cdot X_{el}} + 1 = 0. \quad (20)$$

Avînd în vedere că

$$\frac{\partial H}{\partial L_{es}} = \frac{\partial H}{\partial F_{es}} \cdot \frac{\partial F_{es}}{\partial L_{es}} = S_{es} \frac{\partial H}{\partial F_{es}}, \quad (21)$$

se obține relația de minim

$$\left[\frac{0{,}61 \, \alpha \, \beta \, \psi \sqrt{s} \, e^{-\alpha \sqrt{s}}}{(F_{per} + 2 F_{es}) \, a_{\Phi}^2} - X_{es} \right] \frac{2 S_{es}}{S_{el} \cdot X_{el}} + 1 = 0. \quad (22)$$

Se notează factorul care depinde de F_{es} cu $A \, (F_{es})$:

$$A \, (F_{es}) = \frac{0{,}61 \, \alpha \, \beta \, \psi \sqrt{s} \cdot e^{-\alpha \sqrt{s}}}{(F_{per} + 2 F_{es}) \, a_{\Phi}^2} . \quad (23)$$

Curba reprezentînd variația lui A cu suprafața ecranelor intermediare F_{es} este o curbă continuu scăzătoare.

Cu această notație relația (22) devine :

$$A(F_{es}) = X_{es} - X_{el} \frac{S_{el}}{2 S_{es}}, \quad (24)$$

ecuație care se rezolvă grafic, după cum arată figura 1. Pentru trasarea curbei $A - F_{es}$, este suficientă calcularea a trei puncte deoarece curbura ei este foarte mică.

După cum rezultă din relația (24), în cazul obișnuit, cînd pentru țevile de ecrane laterale și pentru cele intermediare se întrebuințează același diametru (d) de țeavă, A (F_{es}) va fi

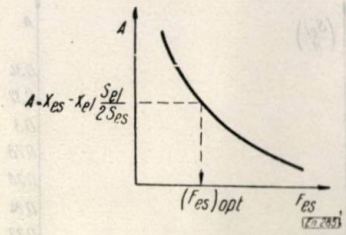


Fig. 1. Rezolvarea ecuației (24).

funcție numai de mărimile $\frac{S_{el}}{d}$ și $\frac{S_{es}}{d}$, deoarece

$$X_{es} = f\left(\frac{S_{es}}{d}\right) ; \; X_{el} = f\left(\frac{S_{el}}{d}\right) \text{ și } \frac{S_{el}}{2 S_{es}} = \frac{\frac{S_{el}}{d}}{2 \frac{S_{es}}{d}} . \quad (25)$$

Utilizînd ca variabile $\left(\frac{S_{es}}{d}\right)$ și $\left(\frac{S_{el}}{d}\right)$, relația de minim (24) pusă sub forma funcțională :

$$A(F_{es}) = X_{es}\left(\frac{S_{es}}{d}\right) - X_{el}\left(\frac{S_{el}}{d}\right) \cdot \frac{\frac{S_{el}}{d}}{2 \cdot \frac{S_{es}}{d}} \quad (26)$$

poate fi reprezentată nomografic, astfel încît să apară variația valorii optime a factorului A, respectiv a suprafeței de ecrane F_{es}, cu pasul utilizat la ecranări.

Pentru aceasta relația (26) se pune sub forma unei ecuații Cauchy

$$- 2 \cdot \frac{S_{es}}{d} \cdot X_{es}\left(\frac{S_{es}}{d}\right) + \frac{S_{el}}{d} \cdot X_{el}\left(\frac{S_{el}}{d}\right) + 2 \cdot A \cdot \frac{S_{es}}{d} = 0 ; \quad (27)$$

care va avea următoarele ecuații ale scărilor nomogramei respective :

$$A \begin{cases} x = -1 \\ y = 4{,}5 \, A \end{cases}$$

$$\frac{S_{el}}{d} \begin{cases} x = +1 \\ y = \frac{S_{el}}{d} \cdot X_{el}\left(\frac{S_{el}}{d}\right) - 1 \end{cases} \quad (28)$$

$$\frac{S_{es}}{d} \begin{cases} x = \dfrac{4{,}5 - 2 \cdot \frac{S_{es}}{d}}{4{,}5 + 2 \cdot \frac{S_{es}}{d}} \\ y = \dfrac{4{,}5 \left(2 \cdot \frac{S_{es}}{d} \cdot X_{es}\left(\frac{S_{es}}{d}\right) - 1 \right)}{4{,}5 + 2 \cdot \frac{S_{es}}{d}} . \end{cases}$$

În figura 2 este prezentată nomograma astfel construită a ecuației (24).

Din analiza nomogramei din figura 2 și ținînd seama de alura curbei $A = f(F_{es})$ prezentată în

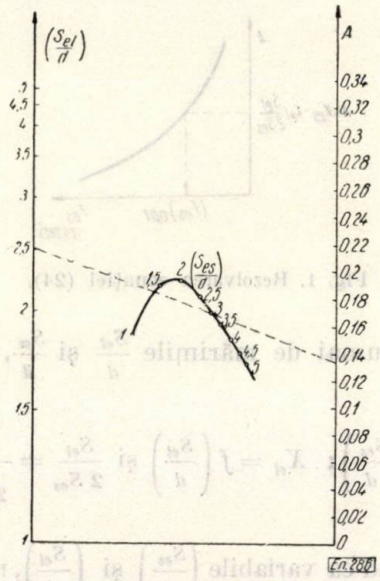


Fig. 2. Nomograma ecuației (24).

diagrama din figura 1, rezultă o serie de concluzii interesante :

— Pentru aceeași valoare a pasului ecranelor intermediare, mărirea pasului ecranării laterale duce la micșorarea factorului A, deci la o valoare mai mare a suprafeței ecranelor intermediare în soluția optimă.

— Pentru o valoare a pasului ecranării intermediare, astfel ca raportul $\frac{S_{es}}{d} \cong 2$, se obține o valoare minimă a suprafeței ecranelor intermediare în soluția optimă.

— Micșorarea sau creșterea valorii pasului ecranării, astfel ca raportul $\frac{S_{es}}{d}$ să scadă sub valoarea 2, sau să crească peste această valoare, duce la micșorarea continuă a valorii factorului A, deci la o valoare din ce în ce mai mare a suprafeței ecranelor intermediare în soluția optimă.

2.2. *Suprafața necesară ecranelor intermediare pentru obținerea unei suprafețe totale ecranate minime.* Acest caz se deosebește de cazul tratat la paragraful 2.1. prin faptul că, după cum s-a menționat, suprafața ecranată nu este proporțională cu lungimea de țeavă utilizată la alcătuirea ecranelor.

Condiția de minim ce va trebui satisfăcută va fi :

$$\frac{\partial (F_{el} + F_{es})}{\partial F_{es}} = 0, \qquad (29)$$

sau notînd $F = F_{el} + F_{es}$

$$\frac{\partial F}{\partial F_{es}} = 0.$$

Din relația de bază (14) se deduce :

$$H = (F - F_{es})\, X_{el} + 2\, F_{es}\, X_{es} \qquad (30)$$

$$F = \frac{1}{X_{el}} [H + F_{es} (X_{el} - 2\, X_{es})]. \qquad (31)$$

Prin derivare se obține

$$\frac{\partial H}{\partial F_{es}} = \frac{1}{X_{el}} \left[\frac{\partial H}{\partial F_{es}} + (X_{el} - 2\, X_{es}) \right]. \qquad (32)$$

Condiția de minim (34) va fi satisfăcută în cazul cînd :

$$\frac{\partial H}{\partial F_{es}} = 2\, X_{es} - X_{el}. \qquad (33)$$

Sau utilizînd factorul $A(F_{es})$ definit de formula (23) :

$$A(F_{es}) = X_{es} - \frac{X_{el}}{2} \qquad (34)$$

Din analiza acestei formule rezultă că suprafața optimă pentru acest caz a ecranelor intermediare va fi cu atît mai mare cu cît pasul ecranării intermediare va fi mai mic și cu cît pasul ecranării laterale va fi mai mare.

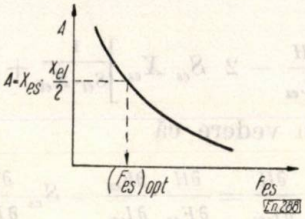


Fig. 3. Rezolvarea ecuației (34).

Grafic, rezolvarea ecuației (34) se face ca în figura 3.

3. Concluzii

Suprafața mare a ecranelor de radiație la cazanele mari moderne impune o realizare a ecranării care să ducă fie la un minim de consum de metal, fie la un minim de suprafață ecranată. Acest lucru devine posibil cu soluțiile noi de arzătoare, care permit o mare intensificare a arderii, astfel încît în focar pot fi amplasate suprafețe importante de ecrane intermediare.

Calculul numeric al suprafeței optime de ecrane intermediare, prezentat în cele de mai sus, este deosebit de simplu și, bazîndu-se pe cele mai moderne formule de calcul ale focarelor [1], asigură o precizie mare rezultatelor obținute.

Anexa 1

Exemplu de calcul

Aplicaţia se va face asupra unui cazan de 230 t/h funcţionînd cu gaz metan.

Din calculul de ardere şi din bilanţ au fost determinate următoarele valori:

$$r_{H_2O} = 0{,}178 \text{ ata}$$
$$r_{CO_2} = 0{,}262 \text{ ata}$$
$$r_n = 0{,}440 \text{ ata}$$
$$T_a = 1913+273 = 2186°K$$
$$B = 16750 \text{ Nm}^3/\text{h}$$
$$Q_R = 3603 \text{ kcal/Nm}^3.\text{h}$$
$$T_f'' = 1240+273 = 1513°K$$
$$p = 1 \text{ ata}$$
$$\xi = 1$$
$$V_f = 1\,000 \text{ m}^3$$
$$F_{per} = 600 \text{ m}^2$$
$$\psi = 0{,}85$$

Constantele α şi β după formulele (3) şi (8) vor avea valorile:

$$\alpha = (0{,}8 + 1{,}6\, r_{H_2O})\left(1 - 0{,}38\,\frac{T_f''}{1\,000}\right)\sqrt{r_n \cdot p} =$$

$$= (0{,}8 + 1{,}6 \cdot 0{,}178)\left(1 - 0{,}38\,\frac{1513}{1\,000}\right)\sqrt{0{,}44 \cdot 1} = 0{,}307$$

$$\beta = 0{,}79 \cdot 10^8\,\frac{B \cdot Q_R}{\xi \cdot T_f'' \cdot T_a^3}\sqrt[3]{\left(\frac{T_a}{T_f''} - 1\right)^2} =$$

$$= 0{,}79 \cdot 10^8 \cdot \frac{16750 \cdot 3603}{1 \cdot 1513 \cdot 2186^3} \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{2186}{1513} - 1\right)^2} = 176$$

Termenii s şi a_Φ, care depind de F_{es}, se calculează pentru valorile $F_{es} = 0{,}200$ şi 400 m² după relaţiile (7) şi (10) şi sînt prezentaţi în tabela 1.

$$s = 3{,}6\,\frac{V_f}{F_{per} + 2F_{es}} = 3{,}6\,\frac{1\,000}{600 + 2F_{es}} \text{ m}^2$$

$$a_\Phi = 1 - e^{-\alpha\sqrt{s}} = 1 - e^{-0.307\sqrt{s}}$$

Tabela 1

F_{es}	s	$\sqrt{s}$	$e^{-0,307\sqrt{s}}$	a_Φ
0	6	2,45	0,472	0,528
200	3,6	1,90	0,559	0,441
400	2,57	1,605	0,612	0,388

Valoarea mărimii $A\,(F_{es})$ se calculează după formula (23) pentru aceleaşi mărimi de suprafaţă $F_{es} = 0{,}200$ şi 400 m² şi este dată în tabela 2.

$$A\,(F_{es}) = \frac{0{,}61 \cdot \alpha\beta\psi\sqrt{s} \cdot e^{-\alpha\sqrt{s}}}{(F_{per} + 2F_{es}) \cdot a_\Phi^2} =$$

$$= \frac{0{,}61 \cdot 0{,}307 \cdot 176 \cdot 0{,}85 \cdot \sqrt{s} \cdot e^{-0.307\sqrt{s}}}{(600 + 2F_{es}) \cdot a_\Phi^2}$$

Tabela 2

F_{es}	0	200	400
$A\,(F_{es})$	0,194	0,153	0,131

Constantele de aşezare ale ecranelor sînt:

$$\frac{S_{el}}{d} = 2 \qquad X_{el} = 0{,}885$$

$$\frac{S_{es}}{d} = 3 \qquad X_{es} = 0{,}465$$

$$\frac{S_{el}}{S_{es}} = \frac{2}{3} = 0{,}667$$

Rezultă o valoare a factorului de aşezare:

$$X_{es} - X_{el}\,\frac{S_{el}}{2 \cdot S_{es}} = 0{,}465 - 0{,}885\,\frac{0{,}667}{2} = 0{,}169.$$

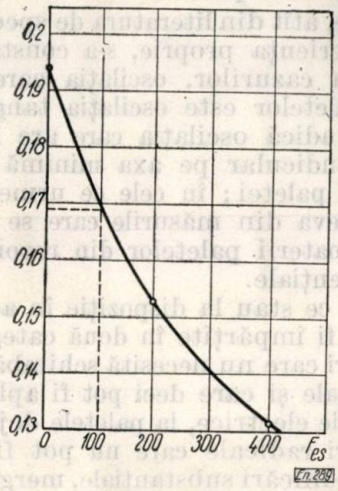


Fig. 4

Condiţia minimului de lungime de ţeavă de ecrane va fi conform relaţiei (24):

$$A\,(F_{es}) = X_{es} - X_{el}\,\frac{S_{el}}{2 \cdot S_{es}}$$

$$A\,(F_{es}) = 0{,}169.$$

Din curba din figura 5, trasată după tabela 2, pentru $A\,(F_{es}) = 0{,}169$ corespunde o valoare:

$$F_{es} = 100 \text{ m}^2.$$

Această mărime a suprafeţei de ecrane intermediare duce la un minim de consum de material pentru construirea ecranelor.

Bibliografie

[1] * * *: *Teplovoi rascet cotelnth agregat.* Normativnîi metod Moscova, 1959.

[2] Münzinger F.: *Dampfkraft*, Berlin, 1949.

Măsuri ce se pot lua pentru scoaterea din rezonanţă a paletelor de turbine cu abur

Ing. *D. BREBENEL*

O măsură de tehnică nouă introdusă în ultimul timp în exploatarea turbinelor cu abur din centralele electrice a fost cercetarea paletelor turbinelor din punct de vedere al comportării lor la vibraţii.

Cercetările şi măsurătorile întreprinse în această problemă au scos în evidenţă existenţa în turbinele din centralele electrice a numeroase rînduri de palete care au caracteristici de vibraţii nesatisfăcătoare şi în consecinţă sînt predispuse la avarii iminente.

Din această cauză se impune luarea de măsuri care să conducă la scoaterea rîndurilor respective din rezonanţă, ridicînd în felul acesta nivelul de siguranţă în exploatare.

Deoarece, atît din literatura de specialitate cît şi din experienţa proprie, s-a constatat că, în majoritatea cazurilor, oscilaţia care provoacă ruperea paletelor este oscilaţia tangenţială de ordinul I, adică oscilaţia care are loc într-un plan perpendicular pe axa minimă de inerţie a secţiunii paletei; în cele ce urmează se vor expune cîteva din măsurile care se pot lua în vederea scoaterii paletelor din rezonanţa oscilaţiei tangenţiale.

Măsurile ce stau la dispoziţie în această problemă pot fi împărţite în două categorii:

1. Măsuri care nu necesită schimbări şi modificări radicale şi care deci pot fi aplicate chiar de centralele electrice, la paletele deja montate.

2. Măsuri radicale care nu pot fi introduse decît cu modificări substanţiale, mergînd pînă la modificarea profilului paletelor şi care nu pot fi aplicate decît de o întreprindere de specialitate.

În prima categorie de măsuri se pot enumera:

a) Schimbarea numărului de palete în pachet.

b) Schimbarea masei de vibraţie a sistemului palete-sîrme de consolidare.

c) Schimbarea diametrului sîrmelor de consolidare;

d) Schimbarea sistemului de prindere a paletelor.

Din a doua categorie de măsuri fac parte:

a) Schimbarea diametrului sîrmelor concomitent cu schimbarea poziţiei sîrmelor de-a lungul paletei, şi eventual şi schimbarea numărului de sîrme.

b) Schimbarea profilului paletei.

Alegerea unei măsuri simple sau radicale nu este posibilă decît după efectuarea în prealabil a calculului teoretic al vibraţiilor proprii ale paletei individuale şi ale paletelor legate în pachete.

Uneori prin încercări experimentale se reuşeşte scoaterea din rezonanţă chiar cu ocazia unei reparaţii mijlocii sau capitale.

În cele ce urmează se va demonstra teoretic, şi în unele cazuri experimental, cum este influenţată vibraţia paletei sau pachetului de palete de către diversele măsuri expuse mai sus.

1. Măsuri din categoria I-a

a) *Schimbarea numărului de palete în pachet.* Frecvenţa proprie a unui pachet de palete cu secţiune constantă se poate calcula cu formula:

$$f_{pachet} = \varphi f_0 \qquad (1)$$

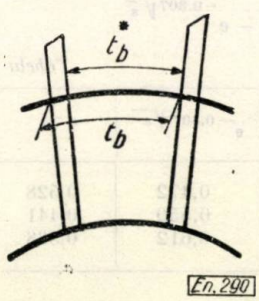
unde: φ este coeficient de corecţie care ţine seama de existenţa legăturilor;

f_0 — frecvenţa oscilaţiilor proprii ale primului ton de oscilaţii tangenţiale ale unei palete individuale, încastrată la un capăt şi liberă la celălalt capăt.

Valorile coeficientului φ pentru primul ton al oscilaţiei tangenţiale a pachetului de palete cu secţiune constantă legate cu sîrme sînt date în tratatele de specialitate [1] sub formă de curbe în funcţie de doi parametri:

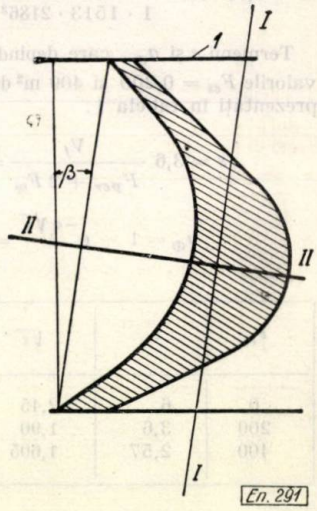
— coeficientul de rigiditate K_b

— raportul μ al maselor porţiunii pe sîrmă corespunzătoare lungimii elastice şi a paletei (fig. 1).



En. 290

Fig. 1.



En. 291

Fig. 2.

La rîndul său coeficientul de rigiditate este dat de:

$$K_b = \frac{12(m-1)H_b I_s l \cos^2\beta}{m I t_b} \qquad (2)$$

unde:

β este unghiul dintre axa minimă de inerţie a secţiunii paletei şi axa de rotaţie (fig. 2);

m este numărul de palete în pachet;
I_s — momentul de inerție al secțiunii sîrmei;
l — lungimea liberă a paletei;
t_b — pasul la sîrmă;
I — momentul minim de inerție al secțiunii paletei;
H_b — coeficient care reprezintă raportul momentului încovoietor real, datorit sîrmelor de consolidare, care acționează asupra paletei, față de același moment încovoietor calculat teoretic [1].

În figura 3 se arată curba coeficientului φ pentru cazul cînd sîrma de consolidare se află la o distanță 0,8 din lungimea liberă a paletei, socotind de la baza paletei.

Astfel de curbe se găsesc în tratate și reviste de specialitate pentru valori de la 0,3 la 1,0 din lungimea paletei [3].

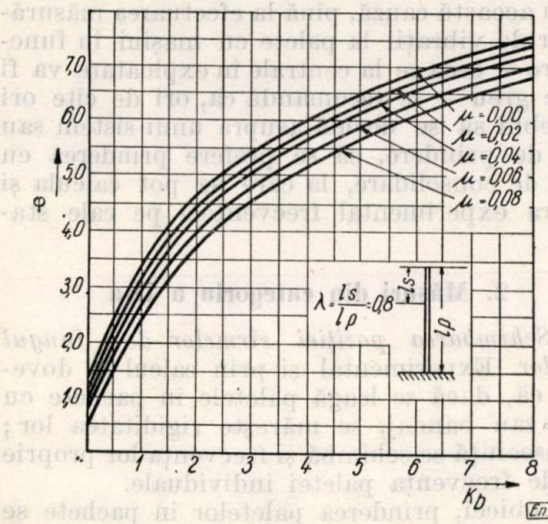


Fig. 3.

Din formula (2) se observă că prin modificarea numărului de palete m se obține variația coeficientului K_b de care depinde frecvența pachetului.

Practica a arătat însă că la paletele cu profil constant o creștere substanțială a frecvenței paletelor din pachet se obține numai la varierea numărului de palete în pachet de la 1 pînă la 10.

Această relație s-a dovedit și experimental în laborator. În fig. 4 se arată variația frecvenței paletelor din pachete în funcție de numărul de palete în pachete.

Se observă că începînd de la 9—10 bucăți în pachet, curba frecvenței tinde asimptotic către axa absciselor, ceea ce înseamnă că, mărind mult numărul de palete în pachete, sporul de frecvență devine neînsemnat.

b) *Schimbarea masei de vibrație a sistemului palete-sîrme de consolidare.* O altă măsură care de asemenea poate conduce la scoaterea din rezonanță a unor palete sau la mărirea distanței de la frecvența de rezonanță este și aceea de a mări masa sistemului oscilant palete-sîrme.

În mod practic aceasta s-a obținut la un rînd al unei turbine de 20 MW prin montarea, prin

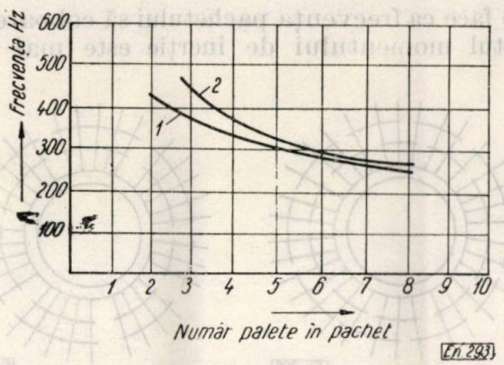


Fig. 4.

sudură, a unor inele din sîrmă de fier pe sîrma exterioară, conform fig. 5.

Soluția adoptată a făcut ca pachetele de palete, care inițial au avut o frecvență dinamică

$$f_d = 196 \text{ Hz},$$

deci cu o depărtare de frecvența de rezonanță

$$\Delta f = -2\%,$$

să fie aduse la o frecvență de

$$f_d = 192 \text{ Hz},$$

deci cu o depărtare

$$\Delta f = -4\%.$$

După cum se vede, măsura a îmbunătățit situația, fără însă să o rezolve integral.

Soluția definitivă va putea fi dată după efectuarea calculului teoretic cu verificări experimentale în laborator.

Se menționează că schimbarea masei de vibrație a sistemului palete-sîrme, prin montarea de inele sudate, poate avea rezultate numai la diametre mari și la palete relativ mari.

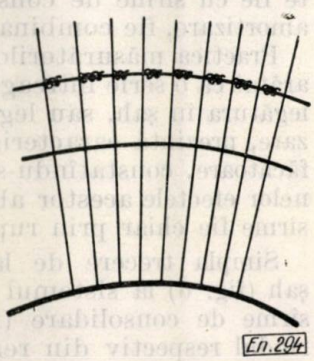


Fig. 5.

c) *Schimbarea diametrului sîrmelor de consolidare.* Tot în formula (2) se observă că momentul de inerție al sîrmelor intră în numărător și deci o creștere a diametrului conduce la o mărire a valorii coeficientului K_b și în consecință la o creștere a frecvenței pachetului.

Trebuie menționat însă că, o dată cu mărirea diametrului sîrmelor, se mărește și raportul :

$$\mu = \frac{m_s}{m_p},$$

care face ca frecvența pachetului să coboare, dar efectul momentului de inerție este mai mare

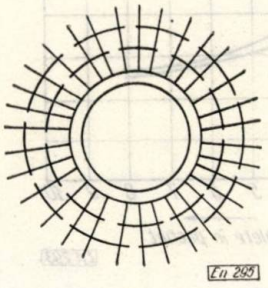


Fig. 6.

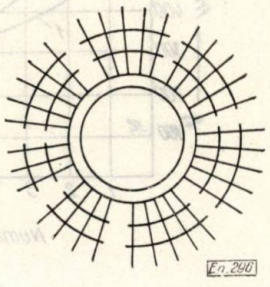


Fig. 7.

decît acela al raportului maselor, lucru constatat și experimental, obținîndu-se curbele din fig. 4.

Mărirea diametrelor găurilor la palete, fiind o operație care, cu puțină atenție, se poate executa și în atelierele centralelor electrice, este o măsură ce poate fi aplicată de personalul de exploatare în vederea scoaterii din rezonanță a paletelor.

Se recomandă ca, în caz de aplicare a măsurii de mai sus, să se efectueze și calculul solicitărilor în secțiunea slăbită a paletei.

În orice caz, măsura nu va putea fi aplicată decît cu efectuarea în prealabil a calculului teoretic al frecvenței proprii a paletelor în diverse ipoteze, pentru a nu se ajunge în situația de a face încercări prea multe care ar conduce la slăbirea paletelor.

d) *Schimbarea sistemului de legare a paletelor.* Această măsură poate fi aplicată la paletele deja montate dar mai ales cu ocazia repaletărilor.

După cum se știe, paletele sînt legate în pachete fie cu sîrme de consolidare, fie cu sîrme de amortizare, fie combinat.

Practica măsurătorilor de vibrații la palete a arătat că o serie întreagă de rînduri de palete cu legătura în șah, sau legate cu sîrme de amortizare, prezintă caracteristici de vibrații nesatisfăcătoare, constatîndu-se la demontarea turbinelor efectele acestor abateri fie prin rupere de sîrme fie chiar prin ruperi de palete.

Simpla trecere de la sistemul prinderii în șah (fig. 6) la sistemul prinderii în pachete cu sîrme de consolidare (fig. 7) poate să scoată rîndul respectiv din rezonanță.

Astfel, la încercările la vibrații ale treptei nr. 17 (ultima treaptă) a unei turbine AEG 35 MW, 3 000 t/m, s-a obținut o caracteristică de vibrații nesatisfăcătoare pentru tonul de bază la $K = 3$ [2].

Frecvența tonului de bază era

$$f_d = 128 \text{ Hz}$$

ceea ce corespunde la o depărtare de frecvența de rezonanță de -4%.

Trecînd de la prinderea în șah la aceea în pachete s-a obținut o acordare satisfăcătoare a oscilației tangențiale ton. I, și anume :

$$f_d = 119-123 \text{ Hz}$$

ceea ce a ridicat depărtarea de la rezonanță pentru $K = 3$ la $-10{,}8 \div -8\%$.

Tot din practică s-a constatat că prin metoda adoptată de măsurare a frecvențelor paletelor, adică măsurarea frecvenței statice la care se adaugă creșterea datorită forței centrifuge, se obține precizie mare în cazul pachetelor de palete cu sîrme de consolidare, în timp ce la prinderea cu sîrme de amortizare rezultatele sînt numai informative.

Din această cauză, pînă la efectuarea măsurătorilor de vibrații la palete cu mașini în funcționare — ceea ce la centrale în exploatare va fi foarte greu — se recomandă ca, ori de cîte ori va trebui să se decidă asupra unui sistem sau altul de prindere, să se prefere prinderea cu sîrme de consolidare, la care se pot calcula și măsura experimental frecvențele pe cale statică.

2. Măsuri din categoria a II-a

a) *Schimbarea poziției sîrmelor de-a lungul paletelor.* Experimental și prin calcul se dovedește că, dacă se leagă paletele în pachete cu sîrme sau bandaj, se mărește rigiditatea lor ; în consecință se schimbă și frecvența lor proprie față de frecvența paletei individuale.

De obicei, prinderea paletelor în pachete se face cu o sîrmă sau cu două sîrme și mai rar cu trei sîrme.

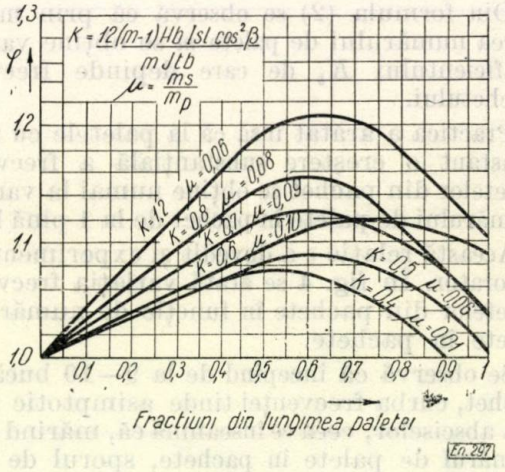


Fig. 8.

În cele ce urmează se examinează cum este influențată frecvența paletelor din pachete de către poziția sîrmei de-a lungul paletei.

— *Cazul prinderii paletelor cu o singură sîrmă.* După cum s-a spus mai înainte, creşterea frecvenţei unei palete prinse în pachet poate fi pusă în evidenţă printr-un coeficient supraunitar care va multiplica frecvenţa proprie a paletei individuale :

$$f_{pachet} = \varphi f_0$$

Variaţia acestui coeficient în funcţie de lungimea de la bază, la care se aşază sîrma, este dată în figura 8 de unde se poate deduce că maximum de creştere de frecvenţă se obţine dacă se aşază sîrma la aproximativ 0,6 din lungimea liberă a paletei socotită de la încastrare [1]. În felul acesta se stabileşte distanţa pentru care se obţin caracteristici de vibraţii satisfăcătoare.

— *Cazul prinderii paletelor cu două sîrme de consolidare.* În cele ce urmează se notează cu φ_r coeficientul cu care se multiplică frecvenţa proprie individuală a paletei pentru a obţine frecvenţa paletelor din pachete consolidate cu două sîrme.

φ_1 şi φ_2 — coeficienţi de creştere ai frecvenţei pentru fiecare sîrmă în parte.

$\varphi_{1\mu}$, $\varphi_{2\mu}$ — coeficienţi ce se scot din diagrama în funcţie de μ şi de lungimea de la baza la care este plasată sîrma.

φ_r — coeficientul rezultant cu care se înmulţeşte frecvenţa proprie a paletei cu profil constant, pentru a afla frecvenţa paletelor legate în pachete cu două sîrme.

El se calculează cu formula :

$$\varphi_r^2 = \frac{\left(\frac{\varphi_1}{\varphi_{1\mu}}\right)^2 + \left(\frac{\varphi_2}{\varphi_{2\mu}}\right)^2 - 1}{\left(\frac{1}{\varphi_{1\mu}}\right)^2 + \left(\frac{1}{\varphi_{2\mu}}\right)^2 - 1} \cdot \qquad (3)$$

La întocmirea tabelei s-au folosit de asemenea diagramele din [3] .

b) *Schimbarea profilului paletelor.* În fine, sînt cazuri cînd, pentru scoaterea din rezonanţă a unui rînd rotoric de turbină, trebuie adoptate măsuri şi mai radicale, spre exemplu schimbarea profilului de paletă.

Tabela 1

Ipoteza		μ_1	μ_2	K_{n1}	K_{n2}	φ_1	φ_2	$\varphi_{1\mu}$	$\varphi_{2\mu}$	φ_r
Sîrma I	Sîrma II									
0,51	0,71	0,01	0,013	5,9	4,8	1,67	1,615	0,99	0,98	2,08
0,51	0,81	0,01	0,015	5,9	4,23	1,67	1,49	0,99	0,985	1,99
0,51	0,91	0,01	0,015	5,9	4,17	1,67	1,44	0,99	0,975	1,947
0,61	0,81	0,012	0,015	5,37	4,23	1,71	1,49	0,99	0,985	2,02
0,61	0,91	0,012	0,015	5,37	4,17	1,71	1,44	0,99	0,985	1,98

Pentru un rînd rotoric al unei turbine de 6 MW s-a făcut calculul frecvenţelor în diverse ipoteze iar rezultatele s-au trecut în tabela 1.

Cercetarea acestei tabele arată că prin variaţia distanţei sîrmelor în lungul paletei se obţine schimbarea frecvenţei ; totodată se constată că păstrînd constantă prima sîrmă de la bază, o dată cu plasarea sîrmei a doua mai către vîrf, frecvenţa paletelor din pachete scade.

Tabela 1 s-a construit cu ajutorul următorilor coeficienţi :

μ_1, μ_2 — care reprezintă, după cum s-a mai spus, raportul dintre masa sîrmei de rigidizare corespunzătoare lungimii elastice a unui pas şi masa paletei.

K_{n_1}, K_{n_2} — coeficienţi de rigidizare conf. ormulei (2).

Măsura aceasta se aplică de obicei de fabricile constructoare de turbine sau de întreprinderile de specialitate pe baza datelor din exploatare şi a calculelor teoretice efectuate.

Bibliografie

[1] Levin A. V. — *Rabocie lopatki i diski parovîh turbin.* Moscova, Gosenergoizdat, 1953.

[2] Runov T. B. — *Vibraţionie ispitaniia lopatocinova apparata parovîh na electrostanţiah,* 1954.

[3] Pavel Kohn, Jaromir Nezval — *Oscilaţiile proprii ale unui fascicol de palete cu profil constant, ale turbinelor cu abur, cu forma paralelă a oscilaţiilor.* (Traducere din limba cehă IDT) 534.12 ; 621.81—253.5.

* * * Diferite încercări practice efectuate la Energoreparaţii Bucureşti.

Considerații relative la îmbunătățirea randamentului centralelor termoelectrice vechi, prin introducerea preîncălzirii regenerative a apei de alimentare

Ing. *VLADIMIR NICU*

Creșterea eficienței economice a centralelor termoelectrice vechi din țara noastră poate fi realizată prin introducerea preîncălzirii regenerative a apei de alimentare. În acest domeniu s-au realizat progrese serioase, dobîndindu-se totodată practica necesară extinderii și generalizării experienței din o serie de centrale.

În literatura tehnică de specialitate au apărut în cursul anului trecut cîteva lucrări [1], [2], [3] care tratează tocmai problemele specifice legate de condițiile teoretice și practice, precum și de avantajele ce decurg din introducerea preîncălzirii regenerative a apei de alimentare.

Trebuie menționate, de asemenea, căile materiale care au făcut posibilă preîncălzirea regenerativă la ciclurile termice vechi. Cu privire la aceasta, trebuie reliefat sprijinul tehnic acordat de I.R.M.E.-București. Din inițiativa și cu sprijinul I.R.M.E. s-au putut valorifica judicios anumite rezerve interne, astfel încît, în majoritatea cazurilor, fondurile cheltuite pentru realizarea de circuite regenerative au fost minime.

După o perioadă de funcționare a circuitelor termice cu preîncălzire regenerativă amintite, au ieșit în evidență unele probleme noi, a căror rezolvare corectă se va răsfrînge favorabil asupra randamentului centralei termoelectrice vechi.

În cele ce urmează se vor lua în discuție cîteva aspecte fundamentale care preced introducerea preîncălzirii regenerative și cîteva aspecte privind circuitele regenerative aflate în funcțiune.

Considerațiile care vor urma se referă la ciclurile termice înzestrate cu preîncălzitoare regenerative de suprafață subatmosferică (care dau temperaturi de preîncălzire pînă la 100°C).

I. Preîncălzirea condensatului propriu al turbinei

După cum se știe [4], randamentul global al unei centrale termoelectrice, în care grupul turbogenerator respectiv funcționează în bloc cu transformatorul, este dat de produsul dintre randamentul termic al ciclului, η_t, randamentul electric relativ, $\eta_{el.r}$ (egal cu produsul dintre randamentul intern, mecanic și electric) al grupului turbogenerator, randamentul cazanelor, η_c, randamentul conductelor, η_{cd}, randamentul transformatorului-bloc, η_{tr}, și randamentul serviciilor interne, η_{si}, ceea ce se exprimă prin formula :

$$\eta = \eta_t \cdot \eta_{el.r} \cdot \eta_c \cdot \eta_{cd} \cdot \eta_{tr} \cdot n_{si} . \qquad (1)$$

Creșterea temperaturii apei de alimentare, ca urmare a preîncălzirii regenerative, antrenează, în general, variația a trei randamente : η_t, η_c, η_{si}, a căror semnificație a fost dată mai sus. În consecință, expresia (1) se poate scrie

$$\eta = \eta_0 \cdot \eta_t \cdot \eta_c \cdot \eta_{si} ,$$

unde $\eta_0 = \eta_{el.r} \cdot \eta_{cd} \cdot \eta_{tr} = \text{const.}$*

Randamentul cazanelor, η_c, și randamentul serviciilor interne, η_{si}, descresc sau pot rămîne cel mult constante, în timp ce randamentul termic teoretic, η_t, crește prin introducerea preîncălzirii regenerative a apei de alimentare.

Punînd indicele „1" produsului $\eta_c \cdot \eta_{si} \cdot \eta_t$ la funcționarea cu preîncălzire regenerativă și indicele „0" la funcționarea fără aceasta, se obține condiția economică fundamentală de introducere a preîncălzirii regenerative, exprimată prin inegalitatea :

$$(\eta_t \cdot \eta_c \cdot \eta_{si})_1 > (\eta_t \cdot \eta_c \cdot \eta_{si})_0 \qquad (2)$$

O a doua condiție economică este : economia realizată prin introducerea preîncălzirii regenerative trebuie să permită recuperarea într-un timp scurt (de ordinul 2÷3 ani) a cheltuielilor pentru introducerea ei. Pentru că aceste cheltuieli sînt minime și deoarece calculul de recuperare este simplu, nu se va examina aici acest aspect.

La cazanele fără preîncălzitor de aer și cu economizor subdimensionat, randamentul descrește sensibil prin creșterea temperaturii la coș, ca urmare a preîncălzirii apei de alimentare. Descreșterea randamentului poate fi însă neînsemnată dacă unitățile de cazane dispun de un economizor larg dimensionat. Valoarea randamentului poate rămîne practic invariabilă dacă unitățile de cazane dispun, pe lîngă economizor, și de preîncălzitor de aer [5], [2].

Cele arătate se verifică practic la centralele termoelectrice în care temperatura de preîncălzire a apei de alimentare este sub 100°C.

În primul caz (agregate cu economizor subdimensionat) se impune — înaintea introducerii preîncălzirii regenerative a apei — calculul noii

* Se face presupunerea admisibilă, pentru prime calcule, că aplicarea preîncălzirii regenerative nu influențează randamentul intern (termodinamic) al turbinei.

temperaturi la coș, în funcție de care se stabilesc pierderile procentuale q_2 prin gazele de ardere evacuate. Menținînd semnificația indicilor „1" și „0" ca în inegalitatea (2), reducerea procentuală a randamentului cazanelor va fi:

$$\Delta \eta_c = (q_2)_1 - (q_2)_0 . \qquad (3)$$

Făcînd aproximarea că coeficientul de transmisie termică rămîne același atît în cazul schimbului de căldură cu apa nepreîncălzită, cît și cu apa preîncălzită, determinarea noii temperaturi la coș se poate efectua comod pe cale analitică, utilizînd sistemul de ecuații care exprimă căldura primită de apa de alimentare și căldura cedată de gazele de ardere în economizor:

$$D(\bar{t}_2 - \bar{t}_{pr}) = k \cdot S \cdot \theta \, (\Delta t_{med}) \, a \qquad (4)$$

$$V \cdot c \, (t_{g_{ie}} - t_{g_{coș}}) = k \cdot S \cdot \theta \, (\Delta t_{med}) \, a,$$

unde:

D este debitul apei de alimentare la intrarea în economizor, kg/h;

$\bar{t}_2$ — entalpia apei (egală numeric cu temperatura) la ieșirea din economizor, kcal/kg;

$\bar{t}_{pr}$ — entalpia apei preîncălzite la intrarea în economizor, kcal/kg;

k — coeficientul global de transmisie termică, kcal/m².h.grd;

S — suprafața de încălzire a economizorului, m²;

θ — coeficient de transformare a diferenței de temperatură medii aritmetice $(\Delta t_{med})\, a$ în diferență medie logaritmică;

V — debitul de gaze de ardere trecut prin economizor, Nm³/h;

c — căldura specifică medie a gazelor de ardere în economizor, kcal/Nm³. grd;

$t_{g_{ie}}$ — temperatura gazelor de ardere la intrarea în economizor, °C;

$t_{g_{coș}}$ — temperatura gazelor de ardere la coș, °C.

Din prima ecuație a sistemului (4), în funcție de parametrii D, t_2, t_{al} (temperatura apei de alimentare) și $(\Delta t_{med})_{log} = \theta . (\Delta t_{med})_a$, măsurați la funcționarea cazanului cu apă nepreîncălzită, se determină produsul $k.S$. Pentru coeficientul θ, se ia din diagrama [6] sau din manuale valoarea corespunzătoare raportului

$$\frac{\Delta t_M}{\Delta t_m} = \frac{t_{g_{ie}} - t_2}{t_{g_{coș}} - t_{al}}.$$

După rezolvarea sistemului (4) în raport cu $t_{g_{coș}}$, se calculează pierderile la coș, q_2, și apoi cu relația (3) se determină scăderea randamentului cazanelor $\Delta \eta_c$.

Experiența a arătat că, prin introducerea preîncălzirii apei de alimentare, randamentul serviciilor interne, η_{si}, este cel mai puțin influențat, valoarea acestuia rămînînd practic constantă. Explicația rezidă în faptul că creșterea debitului de apă de alimentare este neînsemnată, iar pompa de reintroducere a condensatului secundar în circuitul principal consumă o putere neglijabilă.

Pentru ilustrarea celor de mai sus, se dă un exemplu de calcul practic, luat dintr-o centrală existentă.

A. Funcționarea fără preîncălzire regenerativă:

— temperatura apei condensate $t_c = 38°C$;
— căderea adiabatică a ciclului $H = 240$ kcal/kg;
— debitul de apă prin economizor = 30 t/h;
— debitul de gaze prin economizor = 36 000 Nm³/h;
— căldura specifică a gazelor $c = 0{,}33$ kcal/Nm³.grd;
— răcirea gazelor în economizor: $t_{g_{ie}} - t_{g_{coș}} = 320 - 170 = 150$ grd;
— încălzirea apei în economizor: $t_2 - t_c = 98 - 38 = 60$ grd;
— pierderi de căldură la coș $q_2 = 9\%$;
— randamentul cazanului $\eta_c = 0{,}88$;
— randamentul termic al ciclului la o cădere adiabatică $H = 240$ kcal/kg:

$$\eta_t = \frac{H}{i_0 - t_c} = \frac{240}{762 - 38} = 0{,}33;$$

— căldura cedată în economizor:

$$30\,000 \quad (98 - 38) = 36\,000 \cdot 0{,}33 \quad (320 - 170) =$$
$$= 1\,800\,000 \text{ kcal/h};$$

— diferența de temperatură:

$$(\Delta t_{med})_a = (320 - 98 + 170 - 38) : 2 = 177°C$$

$$\Delta' t = 222; \quad \Delta'' t = 132$$

$$\Delta' t : \Delta'' t = 222 : 132 = 1{,}7$$

$$\theta = 0{,}976$$

$$(\Delta t_{med})_{log} = \theta \, (\Delta t_{med})_a = 0{,}976 \cdot 177 = 173 \text{ grd};$$

— produsul $k \cdot S = \frac{1\,800\,000}{173} = 10\,400 \frac{\text{kcal}}{\text{h. grd.}}$.

Funcționarea cu preîncălzire regenerativă:

— temperatura apei preîncălzite $t = 64°C$;
— căderea adiabatică pînă la priza $h = 160$ kcal/kg;
— debitul prelevat:

$$a = \frac{\bar{t}_{pr} - \bar{t}_c}{i_0 - \bar{t}_c} = \frac{64 - 38}{762 - 38} = 0{,}036;$$

— randamentul termic al ciclului:

$$\eta_t = \frac{H - a(H-h)}{i_0 - \bar{t}_{pr}} = \frac{240 - 0{,}036(240-160)}{762-64} = 0{,}339;$$

— răcirea gazelor în economizor:

$$t_{g_{ie}} - t_{g_{cos}} = 320 - t_{g_{cos}};$$

— încălzirea apei în economizor:

$$t_2 - t_{pr} = t_2 - 64.$$

Prin rezolvarea sistemului de ecuație (4) se găsește:

$$t_2 = 118°C$$

$$t_{g_{cos}} = 185°C;$$

— căldura cedată în economizor:

$30\,000\ (118-64) = 36\,000 \cdot 0{,}33\ (320-185) =$
$= 1\,620\,000$ kcal/h=
$= k \cdot S \cdot \theta\,(\Delta t_{med})_a = 10\,400 \cdot 0{,}968 \cdot 162;$

— diferențe de temperatură

$$(\Delta t_{med})_a = (320-118+185-64) : 2 = 162$$

$$\Delta' t = 202;\ \Delta'' t = 121$$

$$\Delta' t :\ \Delta'' t = 202 : 121 = 1{,}85$$

$$\theta = 0{,}968;$$

— creșterea pierderilor de căldură la coș în urma creșterii temperaturii gazelor de la 170 °C la 185 °C:

$$\Delta q_2 = 0{,}008;$$

— randamentul cazanului:

$$\eta = 0{,}88 - 0{,}008 = 0{,}872.$$

Creșterea randamentului centralei:

Admițînd că $\eta_{si} = \text{const.}$,

$$\Delta\eta = \frac{\eta_c^1 \cdot \eta_t^1 - \eta_c^0 \cdot \eta_t^0}{\eta_c^0 \cdot \eta_t^0} = 0{,}017,$$

adică 1,7 %.

La unitățile de cazane care dispun de economizor larg dimensionat sau dispun de economizor și preîncălzitor de aer, scăderea randamentului sălii de cazane la temperaturi de preîncălzire a apei de alimentare $t_{pr} < 100°C$ este neglijabilă [2].

II. Preîncălzirea condensatului general al centralei

Unele centrale vechi posedă două sau chiar trei cicluri termice independente, dintre care ciclul termic de bază este cel care are presiunea cea mai mare și are agregatele de bază cu puteri unitare cele mai mari. Aceste cicluri termice sînt de altfel cele mai economice și ele se pretează cel mai bine la modernizare, în sensul introducerii unor circuite regenerative.

Considerațiile ce vor urma au ca scop scoaterea în evidență a resurselor interne, care pot fi puse în valoare prin intermediul instalațiilor de preîncălzire regenerativă introduse la ciclurile termice de bază.

Se consideră o centrală care dispune de două cicluri termice independente, dintre care ciclul termic de bază a fost modernizat, prin crearea unui circuit regenerativ.

La sarcinile P_0 și P_1 ale grupurilor turbogeneratoare din cele două cicluri, consumul orar de căldură pe centrală va fi:

$$B = \alpha_0 \cdot P_0(i_1 - \bar{t}_{al}) + \alpha_1 \cdot P_1\,(i_1'' - \bar{t}_{pr}), \quad (5)$$

unde $\alpha_0 = \frac{860}{\eta_0' \cdot h_0}$, $\alpha_1 = \frac{860}{\eta_1' \cdot h_\varepsilon}$ au dimensiunile unui consum specific de abur.

În relațiile de mai sus

η_0', η_1' reprezintă randamentul parțial al ciclului termic (fără randamentul termic);

h_0, h_ε — căderea adiabatică;

i_1, i_1'' — entalpia aburului la intrarea în turbină;

$\bar{t}_{al}$, $\bar{t}_{pr}$ — entalpia apei de alimentare.

Dacă prin preîncălzitoarele regenerative ale ciclului termic de bază se trece și condensatul provenit de la turbinele ciclului termic cu condensație pură, atunci relația (5) devine

$$B' = \alpha_0 \cdot P_0(i_1 - \bar{t}_{pr}') + \alpha_1' P_1\,(i_1 - \bar{t}_{pr}'). \quad (6)$$

Făcînd diferența între relațiile (5) și (6) și ținînd seamă că $\alpha_1' \simeq \alpha_1$, se obține:

$$\Delta B = \alpha_0 \cdot P_0(\bar{t}_{pr}' - \bar{t}_{al}) - \alpha_1 \cdot P_1(\bar{t}_{pr} - \bar{t}_{pr}'). \quad (7)$$

Ținînd seama și de considerațiile expuse cu privire la influența preîncălzirii apei de alimentare asupra randamentului serviciilor interne, rezultă că, acolo unde preîncălzitoarele regenerative și turbina respectivă permit preîncălzirea condensatului și a altor turbine din ciclurile termice cu condensație pură, realizarea lucrărilor necesare traducerii în fapt a preîncălzirii întregii ape de alimentare se impune în primul rînd.

Reducerea consumului de combustibil va fi definită de raportul:

$$\delta B = \frac{\Delta B}{B} 100. \quad (8)$$

Ordinul de mărime al reducerii consumului de căldură pe centrală rezultă dintr-un exemplu practic, furnizat de măsurătorile din centrala termoelectrică Cîmpina:

Parametrii ciclului termic de condensație pură:

$$\alpha_0 = 8{,}4;$$

$$P_0 = \Sigma P = 14\,000 \text{ kW};$$

$$i_1 = 751 \text{ kcal/kg};$$

$$\bar{t}_{al} = 38 \text{ kcal/kg}.$$

Parametrii ciclului termic modernizat :

$\alpha_1 = 6{,}03$;
$P_1 = 15\,000$ kW ;
$i'_1 = 763$ kcal/kg ;
$t_{pr} = 64$ kcal/kg.

Consumul orar de căldură este [relaţia (5)] :

$$B = 8{,}4 \cdot 14 \cdot 10^3 (751 - 38) +$$

$$+ 6{,}03 \cdot 15 \cdot 10^3 (762 - 64) = 147 \text{ [Gcal/h]}.$$

Prin trecerea condensatului turbinelor din ciclul termic cu condensaţie pură prin preîncălzitoarele ciclului termic modernizat, s-a obţinut o temperatură medie de preîncălzire a apei de alimentare :

$$t'_{pr} = 57°\text{C}.$$

Reducerea consumului de căldură pe centrală este [relaţia (7)] :

$$\Delta B = 8{,}4 \cdot 14 \cdot 10^3 (57 - 38) -$$

$$- 6{,}03 \cdot 15 \cdot 10^3 (64 - 57) = 1{,}720 \text{ [Gcal/h]}.$$

Reducerea procentuală a consumului de căldură este atunci :

$$\delta B = \frac{1{,}720}{147} 100 = 1{,}17\,\%$$

Concluzii

Randamentul centralelor termoelectrice vechi poate să crească sensibil dacă la ciclurile termice respective se realizează (acolo unde e posibil) circuite regenerative. În toate cazurile se impune evaluarea cantitativă a influenţelor negative pe care le generează creşterea temperaturii apei de alimentare. După felul suprafeţelor de schimb de căldură de la sfîrşitul cazanelor, se poate trage concluzia dacă o recalculare riguroasă a noii temperaturi la coş se impune sau nu. Trebuie, de asemenea, intensificată utilizarea preîncălzitoarelor de suprafaţă, prin trecerea şi a condensatului altor turbine prin ele, şi, dacă acest lucru este permis de preîncălzitoarele respective, şi de turbina însăşi (de la care se extrage aburul pentru preîncălzire).

Bibliografie

[1] Iliescu, T. : *Cercetări pentru micşorarea consumului specific în centralele electrice*, I.D.T., 1960.
[2] Iliescu, T. : *Preîncălzirea apei de alimentare cu aburul de la priza turbinei*, I.D.T., 1960.
[3] Golici, D. : *Folosirea prizelor de abur la turbine în vederea ridicării randamentelor ciclurilor termice*, I.D.T., 1960.
[4] Kerţelli, L. I., Rîjkin, V. I. : *Centrale termoelectrice*, vol. I, E.E.S., 1952.
[5] Rodattis, C. F., Romm, E. I. şi alţii : *Instalaţii de cazane*, E.E.S., 1955.
[6] Totolo, Ed. : *Ecranarea cazanelor de abur*, E.E.S., 1959.

ENERGETICA PESTE HOTARE

Termoficarea oraşului Astrahan

Ing. *GH. COLŢ*

Oraşul Astrahan este situat în delta fluviului Volga, lîngă Marea Caspică, aproximativ la aceeaş latitudine cu oraşele sudice ale ţării noastre. Clima continentală, vara temperatura maximă exterioară ajunge la 40°C, iar iarna la — 40°C, este de asemeni mult apropiată de cea a oraşelor noastre situate în coridorul dintre Carpaţi şi Marea Neagră. Temperatura medie anuală a oraşului este de cca + 10°C. Condiţiile climaterice sînt însă mai grele datorită vînturilor răsăritene, în special primăvara, din direcţia stepelor şi pustiurilor. Atunci oraşul, săptămîni de-a rîndul, este acoperit de o pulbere de nisip foarte fin. În zona oraşului Astrahan ploaie şi ninge puţin. Condiţiile de sol sînt neprielnice atît agriculturii cît şi construcţiilor datorită procentului mare de sare conţinut în sol. Excepţie face numai delta propriu-zisă a Volgii, care este deosebit de fertilă.

Regiunea Astrahan este bogată în special în sare, peşte, stuf, oi şi altele. Cu cîţiva ani în urmă, la o distanţă de cca 170 km. s-au descoperit zăcăminte de gaze naturale, care au fost introduse în oraş în ultimii 2—3 ani. Primii consumatori de gaze naturale au fost cele două centrale electrice din oraş. Treptat, se introduc gaze şi pentru uzul casnic, pentru bucătării.

Industria va folosi gaze naturale pentru procese tehnologice de temperaturi ridicate şi pentru centralele termice locale.

Deosebit de interesant este faptul că termoficarea în oraşul Astrahan a fost introdusă în anul 1957 în acelaşi timp cu introducerea gazelor naturale.

În balanţa de combustibil a oraşului locul preponderent îl ocupă păcura, după care urmează cărbunele şi lemnul. Cu apariţia gazelor naturale şi termoficării se produc permanent schimbări în structura balanţei de combustibil. Termoficarea şi gazele naturale înlocuiesc în primul rînd lemnele şi apoi păcura şi cărbunele. Oraşul ca tip de construcţie, densitate de

clădiri, etaje, străzi, etc. se aseamănă cu orașele noastre Arad, Oradea, Galați, Iași, Constanța deși ca populație le depășește pe acestea (cca 300 000 locuitori).

Zidurile clădirilor vechi sînt construite din 2 1/2—3 cărămizi — cele noi însă nu depășesc 1 1/2—2 cărămizi. Mai frecvent se întîlnesc clădiri cu ziduri din două cărămizi.

Caracteristicile clădirilor din zona centrală și din raioanele cu construcții mai masive, noi, sînt: 3—4 etaje, dezvoltate în plan orizontal, cu volumul de 5 000—40 000m³. În medie în aceste zone volumul clădirilor este de 20 000—30 000 m³.

Caracteristica termică de încălzire variază între 0,25—0,45 kcal/m³ h grd.

Caracteristica termică de încălzire variază între 0,25—0,45 kcal/m³.grd.

În centrul orașului Astrahan există o veche centrală electrică cu condensație, la care sînt instalate două turbine de 1 400 kW și una de 3 000 kW. Parametrii aburului viu ai acestor agregate sînt de 12 ata și 270°C.

Acești parametri, de mult depășiți de tehnica energetică, precum și construirea în oraș a unei noi centrale electrice au fost cauzele care au condus la necesitatea analizei problemei desființării centralei termoelectrice din centrul orașului.

Institutul de proiectare al Ministerului Gospodăriei Comunale al R.F.S.R. a ajuns la concluzia că este mai economic să se introducă termoficarea de la aceste turbine, transformîndu-le la regim de funcționare cu vid înrăutățit, la centrală păstrîndu-se întreg echipamentul anterior și adăugîndu-se cîteva schimbătoare de căldură.

Astfel în orșul Astrahan a fost introdusă termoficarea în anul 1957.

Vidul turbinelor a fost înrăutățit pînă la presiunea de 0,8...0,9 ata pentru a asigura încălzirea apei de rețea pînă la temperatura de 85°C. Vîrful se acoperă de la cazanul cu abur.

Cantitatea maximă de căldură ce se poate obține de la cele două turbine cu vid înrăutățit, inclusiv de la instalația de vîrf, este de 32 Gcal/h. O dată cu trecerea turbinelor la regim de termoficare, la CET nu s-au mai prevăzut alte cazane, căldura livrîndu-se în detrimentul producerii energiei electrice. Astfel turbinele de 1 400 kW funcționează iarna la 800—900 kW. Actualmente se prevede ecranarea cazanelor de abur. Aceste măsuri permit creșterea livrării de căldură de 60 Gcal/h. Creșterea cantității de căldură va modifica graficul anual de livrare de căldură în sensul creșterii ponderii vîrfului.

Calculele arată că și la un coeficient de termoficare mai mic de 0,4 termoficarea este economică întrucît dublarea livrării de căldură se face cu investiții minime (numai cele necesare ecranării cazanelor și modificării instalației de încălzire a apei la CET). Pentru a se putea folosi aceleași rețele termice, amplasate în oraș, se va trece la un grafic de temperaturi de 150—70°C. Acest lucru este suficient pentru dublarea livrării de căldură, întrucît la CET există o oarecare disponibilitate de presiune la instalația de preparare a apei de rețea.

Sistemul de termoficare este conceput „închis" cu graficul de reglare a temperaturii apei de rețea, 125—70°C.

Adaosul de apă pentru întregul sistem se asigură de la instalația de degazare, prevăzută cu filtre cu șpan.

Rețeaua termică

Rețeaua termică din orașul Astrahan este în plină dezvoltare. Sistemul este bitubular, cu amplasament subteran, în canale nevizitabile, prevăzute cu drenaj longitudinal datorită prezenței apei subterane, al cărei nivel este relativ ridicat. Apa conține, în plus, săruri agresive.

Diametrul maxim este de 350 mm. Lungimea magistralei este de 5,6 km, iar lungimea totală a rețelei termice depășește 10 km. Cu această rețea sînt cuprinse peste 100 de clădiri de locuit, instituții administrative și publice. Numărul total de clădiri prevăzut inițial este de 125, care se va realiza în anul 1961. Un accent deosebit s-a pus pe cuprinderea băilor publice, bazinelor de înot, hotelurilor, restaurantelor, spălătoriilor etc., care asigură în timpul verii funcționarea continuă a unei turbine cu vid înrăutățit.

Sistemul de izolație este cu cărămizi din diatomit executate de întreprinderea constructoare. Peste cărămizi se aplică o plasă de sîrmă și un strat de tencuială din azbociment.

Rezultă că acest tip de izolație este deosebit de etanș. Din cauza unei defecțiuni a instalației de canalizare o conductă de termoficare a fost înecată timp de cîteva luni. Desfăcîndu-se izolația ulterior nu s-au constatat pătrunderi de apă prin izolație.

Compensarea dilatațiilor termice se face cu compensatoare cu presetupă și compensatoare în formă de U.

Instalația de racord la consumator este prevăzută cu elevatoare. Unele elevatoare deservesc 2 clădiri. Acest lucru este considerat ca o greșeală de proiectare datorită întinderii clădirilor în plan orizontal. Rezistența hidraulică mare a acestor clădiri conduce la dereglarea repetată a celor două clădiri alimentate de la același elevator la cea mai mică variație a debitului de apă.

Actualmente se construiesc puncte termice pentru fiecare clădire în parte.

Aspecte economice

Exploatarea rețelei termice este dată în gospodăria centralei de termoficare. S-a înființat un sector, pe lîngă secția de turbine, condus de un șef de sector cu pregătire energetică superioară. Sectorul este compus din 8 muncitori, care în

4 schimburi vizitează traseul și punctele termice și participă la reparații. În afară de acești muncitori, de punerile la punct, în special a instalațiilor de la punctele termice, se ocupă doi mecanici cu calificare specială. La darea în exploatare în 1957 a instalației de termoficare au participat specialiști din partea Ministerului centralelor electrice care au reglat fiecare instalație la consumator și au instruit personalul de deservire a termoficării.

După calcule, cheltuielile de investiții legate de introducerea termoficării în orașul Astrahan se recuperează în 4—5 ani. Costul căldurii în primii 2 ani a fost mai mare decît cel suportat de consumatori înainte de introducerea termoficării. Pentru a nu încărca pe consumator cu cheltuieli suplimentare, în acest timp statul a asigurat o dotație de 300 000 ruble în anul 1958, de 100 000 ruble în anul 1959, iar în anul 1960 costul căldurii a fost mai mic decît înainte de introducerea termoficării.

După 2—3 ani de exploatare, cînd s-a învins inerția consumatorilor, s-a trecut la demontarea cazanelor vechi de calorifer și la gruparea punctelor termice din punct de vedere al exploatării. Astfel, s-a mărit salariul mecanicilor de calorifer și li s-a dat în grijă încă 1 sau 2 puncte termice. Unul din cele 2—3 puncte termice va fi locul de deservire permanentă, asigurat cu instalație de telefon. Celelalte puncte termice vor fi încuiate și vor fi vizitate de mecanicul de serviciu de 2—3 ori în decursul schimbului.

Indicii economici ai acestei centrale electrice mici, prin trecerea ei la regim de termoficare, s-au îmbunătățit simțitor. Consumul specific de combustibil la CET din Astrahan este de 0,275 kg/kWh, care poate concura cu cea mai modernă centrală electrică cu condensație.

Actualmente, termoficarea se extinde și mai mult prin trecerea probabilă și a celei de-a doua CTE la regim parțial de termoficare. Pentru aceasta însă sînt de învins dificultăți tehnice legate de poziția CTE față de consumator și de numărul mare de traversări peste rîuri și brațele fluviului.

Schema generală de termoficare, însă care s-a întocmit recent, prevede extinderea termoficării orașului cu folosirea și a unor centrale termice locale de la consumator pentru acoperirea vîrfului sarcinii termice.

DOCUMENTARE

Electroenergetica

Despre noile proiecte tip ale instalațiilor de distribuție închise, de 110 și 35 kV. I. M. Tereșcenko. Elektriceskie Stanții, 32 (1961) nr. 6 pag. 50—55.

Autorul descrie mai multe proiecte tip de instalații de distribuție închise; un proiect la 110 kV și două variante de proiecte la 35 kV. Se descrie separat partea constructivă și cea electrotehnică.

Pentru 110 kV instalația de distribuție este proiectată sub formă de clădire separată cu scări laterale metalice deschise și la cota de 6,6 m pe scări sînt prevăzute balcoane. Clădirea la această cotă este prevăzută cu uși pentru trecerea în coridoarele de deservire ale etajului 1. O asemenea rezolvare permite ca proiectul tip să fie adaptat la sosirea liniei din stînga sau dreapta și stația să poată fi dezvoltată fără modificarea proiectului inițial.

Construcția instalației de distribuție de tip închis la 110 kV se realizează din plăci prefabricate unificate după modulul clădirii. Greutatea maximă a unui element prefabricat nu întrece 8 t, ceea ce permite efectuarea montării cu o macara cu șenile care are capacitatea portantă de 10 t. Întreaga clădire se compune din 25 de tipuri de prefabricate. Numărul de elemente diferite prefabricate a fost micșorat la jumătate față de proiectele tip de instalații de distribuție de tip închis la tensiunea de 35 și 110 kV (MOTEP, 1956). Această reducere a numărului de elemente diferite influențează și costul construcției, reducîndu-l.

Autorul descrie și partea electrotehnică a instalației unde se arată că asemenea instalații se fac cu două sisteme de bare în interior și un sistem de bare de ocolire în exterior, dispuse lateral față de clădire.

Pentru 35 kV sînt analizate două variante de instalații de distribuție de tip închis, și anume o variantă cu întrerupătoarele dispuse într-un rînd, iar cealaltă cu întrerupătoarele dispuse în două rînduri. Ambele variante de proiecte tip nu prevăd grinzi din beton armat între etaje. Renunțarea la aceste grinzi simplifică partea constructivă a clădirii și pentru ambele variante se dă aceeași rezolvare.

Se descriu de către autor o serie de aparate corespunzătoare instalației de distribuție de tip închis.

Folosirea proiectelor tip duce la industrializarea părții de electromontaj, deci la reducerea termenelor de construcție.

Autorul mai arată că pentru realizarea unor asemenea proiecte tip trebuie îmbogățită nomenclatura de aparate destinate pentru interior. Trebuie să se pună la punct producția de transformatoare de curent de trecere și de izolatoare de trecere la 35 kV cu caracteristici îmbunătățite.

i.m.

Blocarea globală electromagnetică a separatoarelor. M. P. Rozencnop. Elektriceskie Stanții, 32 (1961) nr. 6, pag. 55—59.

Avantajele blocării electromagnetice în comparație cu blocarea mecanică se evidențiază prin simplitatea și rapiditatea executării operațiilor cu separatoarele, cît și prin posibilitatea de a se folosi ușor în schemele de comutație primară oricît de complicate ar fi acestea.

Autorul arată că din aceste cauze, blocarea electromagnetică a fost adoptată pentru instalațiile de distribuție cu două sisteme de bare sau alte scheme complicate de comutație primară. Pe lîngă avantaje, blocarea electromagnetică mai are și unele dezavantaje: consum mare de cablu și prezența în schemă a unor bloc-contacte necontrolate care în prezent pot reține unele operații de manevră. Lipsește blocarea de aplicare a tensiunii la scurtcircuit sau invers. Într-o tabelă este redată o statistică de avarii care au avut loc din 1951 pînă în 1958.

Scurtcircuitele din instalaţiile de distribuţie cauzate de manevrele greşite ale personalului de exploatare pot fi complet lichidate adăugînd la blocarea operativă folosită a separatoarelor (cuplarea şi decuplarea puterii), blocarea de cuplare la scurtcircuit şi de aplicare greşită a scurtcircuitului.

O asemenea blocare se numeşte blocare globală. Aceasta se bazează pe următoarele două principii :

1. înlocuirea mai multor circuite avînd contacte bloc din instalaţiile de distribuţie cu două circuite şi mărirea numărului de semnale al acestora cu ajutorul releelor repetitoare centralizate ;

2. pentru blocare să se folosească firele care leagă contactele bloc ale separatoarelor cu contactele releelor repetitoare.

Autorul redă în articol schema de blocare globală şi descrie funcţionarea acesteia.

Sistemul de blocare globală este destinat în primul rînd pentru staţiile deschise 110—220 kV sau la tensiuni mai mari, care au două sisteme de bare sau altă configuraţie a schemei mai complicată. Blocarea globală se poate realiza cu aparatură de serie şi cu forţele personalului local de exploatare.

i.m.

Protecţia împotriva supratensiunilor atmosferice a staţiilor la care se racordează linii aeriene protejate cu conductoare de protecţie pe toată lungimea. F. A. Lihacev, Elektriceskie Stanţii, **32**, (1961) nr. 1, pag. 70—76, 3 fig.

Autorul articolului, inginer cu o experienţă foarte bogată în protecţia împotriva supratensiunilor, analizează unele prevederi din instrucţiunile în vigoare cu privire la protecţia împotriva supratensiunilor, în special cele legate de protecţia staţiilor la care se racordează linii protejate pe toată lungimea cu conductoare de protecţie, în lumina experienţei de peste 15 ani în exploatarea staţiilor din majoritatea sistemelor energetice.

Pe baza calculelor şi a statisticii, autorul recomandă ca indiferent de dimensiunile staţiilor de transformare să se monteze numai un singur grup de descărcătoare cu rezistenţă variabilă.

De asemenea, recomandă renunţarea la montarea descărcătoarelor tubulare sau a intervalelor de străpungere pentru protejarea liniei cu întreruptorul deschis. Această propunere este susţinută de autor prin datele statistice care arată că au fost înregistrate mai multe avarii datorită funcţionării acestor aparate, decît datorită lipsei lor.

În legătură cu renunţarea la intervalele de străpungere, autorul recomandă să se renunţe şi la coarnele de protecţie montate pe întreruptoarele de tip VVN-35 şi transformatoarele de curent de tip TFN-110, deoarece la funcţionarea acestora se produce, de obicei, distrugerea aparatului respectiv.

Ca o sarcină importantă pentru personalul de exploatare se indică menţinerea nivelului de izolare a instalaţiilor la nivel corespunzător prin curăţirea la timp a izolaţiei de depuneri, prin aceasta evitîndu-se majoritatea avariilor detorite supratensiunilor atmosferice. Autorul arată tendinţa greşită a personalului de exploatare a unei reţele din U.R.S.S. care în loc de a efectua curăţirea periodică a izolaţiei a montat mai multe grupuri de descărcătoare, lucru care a dus la avarierea însăşi a descărcătoarelor.

d.m.

Alegerea izolaţiei între faze în reţelele din clasa de tensiune înaltă. D. E. Artemiev şi S. S. Sur, Elektriceskie Stanţii, **32** (1961) nr. 1, pag. 63—69, 5 indicaţii biliografice, 9 figuri.

Odată cu dezvoltarea reţelelor de înaltă şi foarte înaltă tensiune, problema alegerii izolaţiei între faze, atît la aparatajul de înaltă tensiune cît şi la linii, prezintă un interes tehnic şi economic deosebit. Este cunoscut faptul că decisiv în alegerea izolaţiei la tensiuni foarte înalte este nivelul supratensiunilor interne.

Calculele teoretice nu pot fi concludente în acest domeniu, întrucît nu se poate ţine seama de toate elementele care contribuie la stabilirea nivelului de supratensiuni interne. Încercări în reţea au fost efectuate doar în Germania şi Republica Socialistă Cehoslovacă, dar în ambele cazuri scopul principal al încercării fiind altul, nu s-au obţinut date concludente.

Articolul prezintă propuneri concrete asupra alegerii izolaţiei între faze pe baza recentelor încercări vaste, întreprinse în două mari sisteme energetice ale U.R.S.S.

Mărimile propuse de autori, pe baza datelor experimentale, s-au comparat cu diversele propuneri din S.U.A. şi cu recomandările existente în U.R.S.S.

Din comparaţiile rezultate s-a constatat că datorită necunoaşterii nivelului de supratensiuni care apar între faze şi pe fază, coordonarea izolaţiei nu este corect făcută.

Cercetările autorilor sînt, pe scurt, următoarele :

1. Izolaţia între faze în reţelele de 330 kV şi 500 kV trebuie aleasă pornind de la raportul care există între valoarea supratensiunilor interne care apar între faze şi faţă de pămînt. În acest caz, probabilitatea conturnărilor între faze va fi mai puţin probabilă decît conturnările la pămînt.

2. Se recomandă de autori următoarele distanţe minime între gaze şi la pămînt :

U_{nom}. kV	S_{f-f}. m.	S_{f-p}. m
330	3,6	2,5
500	5,25	3,75

Aceste distanţe pentru intervalul fază-pămînt sînt identice cu cele recomandate de institutul TEP, iar pentru intervalul fază-fază sînt mai mari.

3. Din considerentele expuse, autorii arată că probabilitatea conturnărilor între faze, în cazul folosirii distanţelor recomandate de TEP sînt de 50—65 % din cazuri, ceea ce nu este admisibil la reţele de asemenea importanţă.

d.m.

Căile de simplificare şi ieftinire a staţiilor coboritoare de 500 kV I. A. Iacub, Elektriceskie Stanţii, **31** (1960) nr. 12, pag. 51—58, 3 indicaţii bibliografice, 3 tabele, 5 figuri.

Articolul prezintă concluziile studiului întreprins de institutul Teploproiect în colaborare cu uzinele producătoare de echipament electrotehnic, pentru simplificarea şi ieftinirea staţiilor de 400—500 kV. În articol se compară soluţiile adoptate în anii 1956—1959 la staţiile în exploatare cu soluţiile din proiectele staţiilor ce se vor construi în anul 1961.

Faţă de primele staţii de 400 kV, în noile proiecte au apărut simplificări atît datorită îmbunătăţirii şi modernizării echipamentului cît şi datorită eliminării unor prevederi prea prudente în urma experienţei de exploatare a staţiilor.

Astfel, de exemplu :

— s-au înlocuit transformatoarele coboritoare cu autotransformatoare ;

— s-au realizat transformatoare de reglaj în cuvă mică în locul transformatoarelor formate din două elemente (elementul de reglaj şi autotransformatorul de reglaj) ;

— s-a renunţat la montarea celui de al doilea rînd de transformatoare de curent în circuitul întreruptoarelor ;

— s-a renunţat la transformatoarele de tensiune de tip electromagnetic în toate cazurile în care acestea nu sînt necesare pentru micşorarea supratensiunilor de comutaţie, montîndu-se în locul lor divizoare capacitive de tensiune (de obicei folosind condensatoarele de cuplaj al legăturii de înaltă frecvenţă) ;

— s-a renunţat la montarea separatoarelor în circuitele descărcătoarelor cu rezistenţă variabilă şi a transformatoarelor de tensiune.

Ca rezultat al acestor măsuri, la o staţie de 500 kV cu trei linii şi două transformatoare numărul transformatoarelor de curent s-a micşorat cu 18 bucăţi, adică 50 %, al separatoarelor cu 5 bucăţi, adică 22 %, iar al transformatoarelor de tensiune cu 6 bucăţi, adică 67 %. Aceste măsuri se alătură simplificărilor aduse în partea de construcţie, unde, prin renunţarea la cadrele de deasupra întreruptoarelor, care s-au dovedit inutile pentru repararea întreruptoarelor, prin folosirea cadrelor ancorate, prin admiterea de către fabrica furnizoare a unor sarcini de 100 kg pe bornele întreruptoarelor şi transformatoarelor de curent ş. a. s-a ajuns la o reducere a cantităţii de oţel cu 45 %, de beton în fundaţii cu 55 %, de conductoare cu 25 % şi de lanţuri de izolatoare cu 40 %. De asemenea, s-au

făcut simplificări esenţiale la camera de comandă şi la atelierele anexe.

Autorul arată rolul pe care l-a jucat în realizarea acestor simplificări conclucrarea strînsă cu exploatarea şi fabricile producătoare de echipament, indicînd şi alte simplificări posibile prin îmbunătăţirea echipamentului.

d.m.

Deschideri admisibile mai mari la linii de 35 şi 110 kV cu aşezarea pe verticală a conductorilor, în regiunea I şi II de chiciură B. M. Sarîcev, Elektriceshie Stanţii, **31** (1960), nr. 3, pag. 44—46, 2 fig.

Plecînd de la prescripţiile de construcţie a instalaţiilor electrice (P.U.E.-58) ediţia 1958, autorul analizează posibilitatea admiterii unor deschideri mai mari decît deschiderea medie, în cazul cînd condiţiile de teren permit acest lucru. În aceste cazuri, pentru liniile de 35 şi 110 kV cu aşezarea fazelor pe verticală, autorul calculează pentru două regiuni climaterice şi trei mărci de conductoare (OlAl—70 —120 şi 185) distanţele maxime admise în funcţie de apropierea conductoarelor în deschidere la sarcini neuniforme de chiciură.

Ca metodă de calcul se foloseşte metoda indicată în cartea lui G. M. Rozanov „Unele probleme ale calculului mecanic al liniilor aeriene", iar concluziile sînt concentrate în curbe uşor de folosit pentru cazurile extreme (deschiderea mare se află în mijlocul panoului de întindere sau în imediata vecinătate a stîlpului de întindere).

Curbele pot fi recalculate pentru condiţiile climaterice din ţară şi pot fi utilizate la proiectarea liniilor de înaltă tensiune.

În calcule, aşa cum arată autorul, nu trebuie să se ia în considerare elasticitatea stîlpului, doarece conductorul fazei superioare sau conductorul de protecţie vor avea întotdeauna o acţiune de rezemare a vîrfului stîlpului.

d.m.

Restabilirea tensiunii pe faza avariată după stingerea arcului de punere la pămînt F. A. Lihacev: Elektriceschie Stanţii, **31** (1960) nr. 8 p. 73—81, 9 fig.

Articolul este rezultatul unui studiu vast început de ORGRES din anul 1949 pe baza oscilogramelor ridicate pe viu în sistemele energetice ale U.R.S.S.

În studiu se arată importanţa deosebită pe care o are compensarea corectă a reţelelor cu neutrul pus ineficace la pămînt pentru restabilirea tensiunii pe faza avariată după stingerea arcului de punere la pămînt.

Autorul, trecînd de la schema trifazică a reţelei la schema echivalentă monofilară, calculează analitic regimul tranzitoriu care are loc în reţea.

Concomitent se dau şi oscilogramele ridicate la încercări pe viu efectuate în reţelele de 35 kV.

Pe baza rezultatelor se trag concluzii cu privire la regimul de compensare a neutrului.

Se demonstrează că reglarea compensării neutrului reţelei la rezonanţă sau foarte aproape de regimul de rezonanţă este avantajoasă atît datorită restabilirii lente a tensiunii cît şi datorită limitării tensiunii pe faza avariată la valoarea U_f imediat după stingerea arcului, creînd în acest fel posibilitatea restabilirii rigidităţii dielectrice a izolaţiei în punctul avariat.

d.m.

Cîteva probleme referitoare la transportul la distanţă al energiei electrice A. B. Cricuneic, S. S. Racotian, I. A. Iacub: — Elektriceschie Stanţii **31** (1960) nr. 8, p. 48—54.

Articolul este forma prescurtată a raportului prezentat la a 18-a sesiune a CIGRÉ care a avut loc la Paris în iunie 1960.

Raportul a analizat trei linii electrice de foarte înaltă tensiune din U.R.S.S. şi utilizarea tensiunii de 330 kV în transportul la distanţă al energiei electrice.

Pentru linia de 400 kV Kuibîşev — Moscova se descrie instalaţia de compensare capacitivă longitudinală intrată în întregime în funcţie în anul 1958. Instalaţia, cu o putere totală de 486 MVAr, are trei circuite de putere egală în care sînt instalate, pe platforme suspendate, condensatoare hîrtie-ulei de puteri unitare 50 kVA, tensiune nominală 600 V şi rezistenţă capacitivă 7,2 Ω.

Linia electrică cu simplu circuit Kuibîşev-Ural a fost iniţial proiectată pentru 400 kV. Ulterior s-a hotărît trecerea ei la 500 kV. Se indică etapele de trecere la 500 kV a acestei linii.

Cu această ocazie pentru prima oară în U.R.S.S. s-au instalat la staţia Sverdlovsk întreruptoare cu ulei cu tensiunea nominală 500 kV şi puterea de rupere 12 000 MVA.

Se descrie apoi linia electrică cu dublu circuit de 500 kV Stalingrad-Moscova cu cele trei staţii de transformare de 500/242(121)/38,5 kV. Se arată, în continuare, că în viitor, prin trecerea la 500 kV a liniei Kuibîşev-Moscova, se va închide centura de 500 kV din jurul Moscovei.

În ultimul capitol se analizează utilizarea tensiunii de 330 kV. Această tensiune a apărut economică ca tensiune intermediară între 220 kV şi 500 kV. În articol se dă o diagramă cu limitele economice de utilizare a tensiunilor de 220, 330 şi 500 kV pentru o putere şi o lungime a liniei date.

Primele instalaţii cu tensiunea nominală de 330 kV în U.R.S.S. intră în funcţie anul acesta, iar pînă în anul 1965 este prevăzut să se construiască circa 7 000 km de linii electrice de 330 kV.

a.p.

Studiul reţelelor electrice Dejou A: Revue Générale de L'électricité (1960) nr. 7, p. 369—373.

În ultimii ani, metoda utilizată pentru studiul structurii reţelelor electrice a suferit modificări şi îmbunătăţiri ce se datoresc în special introducerii măsurii în domeniul calităţii funcţionării, aplicării calculului probabilităţilor şi a maşinilor de calcul electronice în studiul reţelelor electrice.

În articol se expune pe scurt metoda utilizată pînă în ultimii ani pentru studiul reţelelor şi apoi se trec în revistă îmbunătăţirile aduse.

Calitatea de funcţionare este caracterizată prin continuitate şi valoare constantă a tensiunii. Aceste mărimi au devenit măsurabile, creîndu-se aparate cu care se obţine direct valoarea lor. Atribuindu-se un preţ calităţii de serviciu, valoarea ei economică poate fi introdusă în studiul reţelelor, ceea ce contribuie la alegerea soluţiilor optime.

Calculul probabilităţilor aduce o îmbunătăţire metodei de studiu al reţelelor, înlocuind printr-o reprezentare matematică precisă noţiunile empirice greu de definit ca: putere de vîrf, durata de utilizare a vîrfului, durata de utilizare a pierderilor de vîrf, coeficientul de participare la vîrf, etc. Această reprezentare matematică necesită cunoaşterea legii probabilităţii fiecărei sarcini electrice şi a coeficientului de corelaţie între diferite sarcini luate două cîte două. Cel mai important fapt în evoluţia metodelor de studiu al reţelelor îl constituie apariţia maşinilor de calcul electronice cu care se pot calcula precis circulaţii de putere, pierderi de putere, tensiunile în noduri. În plus ele permit trecerea de la rezultate tehnice la calcule economice, de la studii statice la studii dinamice în care să se ţină seama nu numai de investiţii ci şi de cheltuielile de întreţinere şi exploatare şi de costul calităţii de funcţionare.

În concluzie se arată că fără a constitui o revoluţie în metoda de studiu a reţelelor, ci doar o evoluţie progresivă, îmbunătăţirile propuse sînt suficient de importante pentru a fi aplicate.

a.p.

Energetica generală

Dezvoltarea producţiei de energie în Polonia. Noutăţi din comerţul exterior polonez. AGPOL, (1961) mai, nr. 17.

Planul cincinal actual prevede ca producţia de energie electrică să crească de la 29,3 TWh în 1960 la 45,5 TWh în 1965, adică o creştere de 55 % faţă de 65 % în perioada 1955—1960. Producţia din 1938, corespunzînd teritoriului actual al R. P. Polone, era de 7,7 TWh şi puterea instalată de 3 100 MW, faţă de 6 318 MW cît a devenit în 1960. În cincinalul 1956—1960 au fost date în funcţiune centrale totalizînd 2 300 MW. În acelaşi timp participarea centralelor funcţionînd pe lignit a crescut de la 0,7 % din producţia totală în 1955 la

4,5 % în 1960. Energia hidroelectrică este sub 3 % şi în viitor va scădea şi mai mult.

În cursul cincinalului următor se vor construi în special centrale funcţionînd pe lignit. Producţia acestor centrale va reprezenta 80 % din creşterea producţiei de energie electrică, aşa încît în 1965 30,9 % din producţia totală va proveni din centrale funcţionînd cu lignit. Acest procent va creşte şi mai mult în anii următori.

În total, planul cincinal prevede darea în exploatare între 1961 şi 1965 a unor centrale avînd o putere de 4 692 MW din care 4 098 MW în centrale publice şi 594 MW în centrale industriale. Centralele hidroelectrice vor aduce un aport de 213 MW.

De asemenea, cresc puterile unitare; cea mai mare centrală în 7 blocuri de 200 MW de la Turow va avea o putere de 1 400 MW. Se prevede că aproximativ 50 % din turbinele necesare realizării tuturor proiectelor de centrale ce urmează a fi construite vor fi furnizate de uzinele poloneze.

Industria constructoare de maşini a produs în 1960 o putere globală de 186 MW şi trebuie să construiască în pericada 1960—1965 turbine totalizînd 2 480 MW. Această industrie construieşte turbine de 25 şi 50 MW pe licenţă sovietică şi de 125 MW pe licenţă engleză. Se pregăteşte construcţia unor grupuri de puteri şi mai mari.

a.c.m.

Producerea directă a electricităţii. Partea I şi II. L i n d l e y B. C. Nuclear Power, iunie, (1960), p. 100—103, iulie (1960), p. 80—83.

Se analizează cele patru procedee, cunoscute în prezent, de transformare directă a căldurii în energie electrică: procedeul termoelectric, procedeul termoionic, procedeul magnetohidrodinamic şi procedeul celulelor electrochimice de combustibil (pilele de combustie).

Primele două metode, utilizabile şi pentru transformarea directă a căldurii degajate în reactoarele nucleare sînt examinate în partea I a articolului. Se dau caracteristicile şi rezultatele obţinute cu o celulă termoionică experimentală utilizată în reactorul nuclear de cercetări de la Los Alamos care a realizat un curent de 35 A în circuit închis şi o tensiune de 3,8 V în circuit deschis. De asemenea, se descrie un element termoelectric care utilizează drept sursă de căldură o încărcătură de UO_2, elementele termoelectrice, legate în serie, fiind aşezate în jurul încărcăturii de UO_2. Se constată că în general procedeul termoelectric este mai simplu şi mai robust, dar procedeul termoionic realizează randamente de transformare mai mari.

În partea a doua a articolului sînt examinate procedeul magnetohidrodinamic, al celulelor electrochimice şi perspectivele de viitor în domeniul transformării directe a căldurii în energie electrică.

Pe baza rezultatelor studiilor şi încercărilor făcute pînă în prezent se întrevede ca în viitor aceste procedee să fie folosite pentru producerea de energie electrică.

al. f.

Termoenergetică

Curăţirea condensatoarelor turbinelor cu abur cu ajutorul bilelor de cauciuc. Z u s m a n o v i c i L. B.; Elektriceskie Stanţii, **32** (1961) nr. 3, p. 26—33.

În articol este prezentată experienţa cîştigată în centralele sistemului energetic din Donbas prin curăţirea condensatorilor cu bile de cauciuc. Rezultatele obţinute în condiţii variate confirmă caracterul universal al acestei metode. S-au putut preveni atît depuneri cu caracter organic cît şi depuneri de piatră.

Bilele de cauciuc pot avea greutatea specifică de 0,9—1,2 g/cm³, — se recomandă folosirea cauciucului standardizat prin GOST 33—11 avînd o greutate specifică de 0,95±0,05 g/cm³. Nu e necesară folosirea unor bile avînd greutăţi specifice diferite. Diametrul bilelor va fi cu 2 mm mai redus decît diametrul ţevilor de condensator. La condensatorii cu două căi de trecere, se poate renunţa la eliminarea spaţiilor moarte. Se va insista asupra bunei funcţionări a dispozitivelor de filtrare din circuitul de răcire.

Sînt prezentate scheme de montaj ale instalaţiilor de curăţire cu bile, realizate la turbine de 100 şi 150 MW. Prin adoptarea unor soluţii originale se obţin simplificări în amplasarea dispozitivelor. Dimensionarea ejectorului se face cu ajutorul unei nomograme.

În scopul reducerii consumului de energie electrică a grupului de pompare s-a experimentat o soluţie în care transportul bilelor se realizează cu o pompă centrifugă specială de joasă presiune avînd rotorul cauciucat.

Scăderea temperaturii aburului la evacuare este în medie de 3 grd. Amortizarea instalaţiei de curăţire cu bile, la un grup de 100 MW, se face în 2—3 luni. Se recomandă ca aplicarea acestor metode de curăţire la noile grupuri să se facă din momentul punerii în funcţiune.

i. g.

Consfătuirea în problemele arderii raţionale a păcurii cu conţinut ridicat de sulf. T r e m b o v l i a V. I.: Elektriceskie Stanţii, **32** (1961) nr. 1, p. 92—93.

În cadrul consfătuirii au fost expuse rezultatele obţinute la folosirea drept combustibil a păcurii cu conţinut ridicat de sulf, indicîndu-se măsurile pentru îmbunătăţirea arderii, protecţia împotriva coroziunii a suprafeţelor posterioare de schimb de căldură, combaterea depunerilor, etc.

În scopul lărgirii intervalului economic de reglaje al sarcinii, se propune injectarea păcurii la o presiune de cca. 35 at. Temperatura de preîncălzire a păcurii urmează să fie de 140...150°C. Verificarea injectoarelor se va executa la standuri de probă.

Pentru reducerea pericolului de coroziune se recomandă funcţionarea cu exces de aer scăzut şi practicarea unui adaos de magnezită, dolomită sau praf de var. Cantitatea adaosului este în funcţie de fineţea de măcinare. Aerul va fi încălzit înainte de introducere în preîncălzitor la 100°C (sarcina nominală) prin recirculaţie de aer cald sau prin încălzire cu instalaţii de recuperare de tip calorifer sau vaporizator. Protejarea suprafeţelor cu email nu a dat rezultate, — se va experimenta folosirea unor aliaje anticorosive la partea inferioară a preîncălzitorilor de aer.

Se va extinde sistemul de curăţire a suprafeţelor cu alice, urmărindu-se automatizarea procedeului. Curăţirea suprafeţelor cu apă trebuie evitată.

În cursul probelor pentru stabilirea regimului optim de funcţionare, conţinutul de SO_3 care caracterizează agresivitatea gazelor va fi determinat pe cale cromatografică. VTI şi ORGRES vor elabora prototipul unui aparat industrial pentru indicarea punctului de rouă.

i. g.

Curăţirea în timpul funcţionării a condensatoarelor la Grupul Regional de Producţie Termică „Oise" A n s e l m e P. Chaleur et Industrie, (1960), nr. 420, p. 189—200

Cele trei centrale ale grupului „Oise" (Parcheville, Creil şi Beautor) întîmpină dificultăţi mari de exploatare datorită murdăririi ţevilor de condensator cu microorganisme din apa de răcire. Se face o descriere a celor trei procedee de curăţire utilizate în centralele menţionate:

— curăţire manuală, la centrala Porcheville;
— tratament chimic (clorurare), la centrala Creil;
— procedeul „Tapproge" (cu bile de cauciuc poros antrenate de curentul de apă), la centrala Beautor.

Din comparaţia tehnică şi economică a celor trei procedee rezultă cel mai avantajos procedeul de curăţire cu bile de cauciuc (Tapproge). Pe lîngă avantajele economice, procedeul menţionat prezintă siguranţă în funcţionare mărită şi posibilităţi de întreţinere mai uşoară.

al. f.

Detectarea ţevilor neetanşe la condensatori. K a m e n s k i i C. K.: Elektriceschie Stanţii, **31** (1960) nr. 7, p. 87

La o centrală engleză se aplică următoarea medotă pentru detectarea rapidă a neetanşeităţilor la condensatorii construiţi din două jumătăţi.

După reducerea corespunzătoare a sarcinii şi deschiderea unei jumătăţi se aplică pe placa tubulară o foaie subţire şi transparentă de 0,15 ÷ 0,25 mm din masă plastică de poli-

clorură de vinil. În dreptul ţevilor defecte, foaia este atrasă de vacuum-ul din condensor; după detectarea ţevilor defecte, se înfundă acestea cu dopuri de lemn.

Operaţia se face cu trei oameni şi durează numai cîteva ore.

c. d.

Utilizarea metodei luminiscente pentru determinarea neetanşeităţilor la condensatori. Buhman G. D. şi Merkuriev P. T. Elektriceskie Stanţii, **32** (1961), nr. 4, p. 86—87, 1 fig., 1 tab.

La centralele termice ale sistemului energetic din Sverdlovsk, metoda de control cu fluoresceină a condensatoarelor se foloseşte din anul 1959 la turbinele de medie şi înaltă presiune. Aceasta a condus la o scădere importantă a pătrunderilor de apă de răcire în spaţiul de abur, 80—85% din defectele la vălţuirile ţevilor au fost determinate prin controlul cu fluoresceină.

	Tipul turbinei					
	VK 50—1	VK 100—2	VK 100—2	VK 100—2	AT 12	Liumg-strom
Infiltraţiile de apă de răcire înainte de control %	0,08	0,03	0,115	0,140	0,10	0,24
Defecte sesizate prin proba hidraulică buc.	1	8	5	—	—	—
Idem prin control cu fluoresceină buc.	13	7	34	17	6	9
Infiltraţii după controlul cu fluoresceină %	0,03	0,01	0,01	0,06	0,035	0,057

Concentraţia de fluoresceină va fi de cel puţin 5 mg/l. Iradierea se execută cu o lampă ultravioletă alimentată în curent alternativ la tensiunea de 12 V.

Durata probei variază după tipul turbinei între 4 şi 8 ore.

i. g.

Curăţirea condensorilor cu ajutorul bilelor de cauciuc. Traciuk V. P. : Energetik (1960) nr. 8, pag. 9—11, 4 fig.

Metoda se aplică începînd din 1957; în prezent toate turbinele Bk—50—1 şi Bk—100—2 din patru centrale sînt prevăzute cu instalaţia necesară.

Se dau indicaţii de instalare şi de exploatare. Presiunea apei: 4 ata, consumul de apă al ejectorului 16—18 m³/h, numărul de bile 20% din numărul ţevilor, iar diametrul bilelor 20 mm pentru ţevi de $\theta = 23$ mm.

Rezultatele obţinute: coborîrea în medie cu 5,2 grade a lui Δt, respectiv creşterea vacuumului cu 1%. Durata de recuperare a investiţiilor este de 2,5 luni.

Suprimarea operaţiilor de curăţire mecanică a avut ca efect şi reducerea opririlor şi defectelor ţevilor.

c. d.

Turbine cu gaze pentru centralele electrice construite sau în curs de realizare la L.M.Z. Frenkel L. D.: Energomaşinostroienie, nr. 2 (1960) p. 1—6.

În articol se analizează indicii tehnico-economici ai turbinelor cu gaze prevăzute pentru antrenare de generatoare electrice de 12; 25 şi 100 MW. Pe larg se descrie turbina cu gaze de 25.000 kW, construită de L.M.Z.

Se ajunge la concluzia că introducerea în energetică la CTE mari, a turbinelor cu gaze de tipurile amintite aduce o serie de avantaje, care pot concura cu cele mai perfecte turbine cu abur.

Eficacitatea folosirii lor la CTE va deveni mai evidentă după un timp de exploatare în condiţii normale, întrucît datele relatate sînt stabilite pe bază de antecalcul, sau sînt obţinute la bancul de probă.

g. c.

Conferinţa unională în problema turbinelor cu gaze. Krijanovski V. A.: Elektriceskie Stanţii, **31**, (1960) nr. 8.

Problemele mai importante discutate la Conferinţa unională în problema turbinelor cu gaze, care s-a ţinut în U.R.S.S. la sfîrşitul anului 1959, sînt următoarele:

1. Doctorul în ştiinţe tehnice V.V. Uvarov a afirmat în expunerea sa că în viitorul apropiat va fi posibil să se realizeze instalaţii cu turbine cu gaze de peste 500 MW, iar consumul de căldură al acestora va fi de 2 000—2 100 kcal/kWh.

2. Inginerul Frenkel L.D. de la LMZ a arătat că investiţia specifică a unui kW instalat într-o CET cu turbine cu gaze de 100 MW proiectate de LMZ va fi de circa 50 ruble noi/kW.

3. Socolov V.V. de la Glaypodzengaz a anunţat că în primii doi ani se va monta în U.R.S.S. o instalaţie cu ciclu combinat abur-gaz de 12 MW.

4. Carţev, de la Uzinele constructoare de turbine din Harkov, a menţionat că aceste uzine se pregătesc să execute o turbină cu gaze de 50 MW.

g. c.

Drumul parcurs de R.P.U. privind instalarea de termocentrale deschise. Magyar Epitoipar, (1960) nr. 12,

În R.P. Ungară s-a păşit pe drumul concentrării producţiei de energie electrică în unităţi din ce în ce mai mari (cazane şi turboagregate). Prin aceasta volumul specific de spaţiu construit pe MW instalat scade. Pentru a ilustra acest lucru se dau în tabela 1 cîteva date caracteristice.

Centralele termoelectrice executate între anii 1950—1958 folosesc în mare măsură elemente grele şi mari, prefabricate pe loc, cazanele şi turbinele fiind aşezate în hale industriale speciale, închise. Un volum constructiv important este afectat buncărelor de cărbune.

Un pas important s-a făcut atunci cînd s-au concentrat mai multe unităţi tehnologice. Prin aceasta volumul clădirii principale s-a putut reduce cu 25%. Concomitent cu aceasta s-a folosit pentru scheletul de susţinere a cazanelor structura de rezistenţă a halei industriale. Prin aceasta s-a redus cu încă circa 10% volumul total. Din acest punct de vedere este caracteristică CTE de la Oroszlany, unde volumul spe-

Denumirea şi dimensiunea	Valoarea		
Tipul instalaţiei	GT—12—3	GT—25—700	GT—100—750
Puterea MW	12	25	100
Cantitatea de căldură pentru termoficare, Gcal/h	—	30	70
Randamentul fără termoficare, %	27	28	36—37
Temperatura la intrare, °C.	650	700	750
Consumul specific de metal, kg/kW	75	24	15
Consumul specific de oţel austenitic, kg/kW	5	0,8	0,35
Consumul de apă de răcire, m³/h	1500	2000	6000

În tabelă se dau, comparativ, indicii mai importanţi ai turbinelor cu gaze L.M.Z.

cific (m^2/MW) a coborît simţitor după cum rezultă din tabela 1. La această uzină s-a abandonat procedeul de a se mai folosi elemente prefabricate şi s-a trecut la un schelet metalic autoportant înglobat apoi în beton. Consumul de oţel raportat la m^2 de volum construit al structurii de rezistenţă a fost numai cu 10% mai mare decît în cazul structurilor din elemente prefabricate (respectiv 7,7 kg/m^3, în loc de 7,0 kg/m^3).

Dacă însă se raportează consumul de oţel la puterea instalată, atunci consumul specific este chiar mai mic, anume 12,32 kg/kW, iar la structuri din elemente prefabricate 14,0 kg/kW.

Deşi structura de oţel rigidă înglobată în beton este cu circa 4% mai scumpă faţă de o structură cu rezistenţă din beton monolit, această depăşire de cost este cu mult compensată de un ritm de construcţie mult mai accelerat şi de posibilităţi aproape concomitente de construcţie cu montajul echipamentului electromecanic. În afară de aceasta s-au proiectat soluţii în care sala cazanelor şi turboagregatelor să fie dispusă în aer liber, iar celelalte echipamente, în funcţie de sensibilitatea lor la condiţiile atmosferice, în aer liber sau eventual în spaţii închise.

Pentru termocentrala de 550 MW care este în curs de proiectare la Ovnameni s-a prevăzut o execuţie semiacoperită. Cazanele sînt dispuse în aer liber, de asemenea turboagregatele deservite de o macara capră şi numai echipamentele mai sensibile la condiţiile atmosferice exterioare au fost dispuse în spaţii închise. Prin această soluţie s-a putut reduce sensibil înălţimea construcţiei, şi anume la 8...15 m în loc de 35...38 m la celelalte centrale. Volumul specific clădit coborînd sub formă de salt remarcabil de la 2 242 m^3/MW la 182 m^3/MW.

Deşi raportat la costul total al centralei, economiile au reprezentat numai 25%, totuşi s-au putut obţine importante scurtări ale timpului de execuţie (circa 8 luni), iar numărul muncitorilor s-a putut reduce de asemenea simţitor.

Poate pare prea îndrăzneţ de a se construi o termocentrală semiacoperită într-o regiune în care nu se dispune încă de date de exploatare ale unor centrale construite în condiţii similare. Totuşi constructorii maghiari au păşit pe o nouă cale, studiind în prealabil toate centralele semiacoperite sau complet descoperite, construite în lume.

În condiţii de climă identice, în U.R.S.S. se găsesc în momentul de faţă cinci mari termocentrale semiacoperite în curs de proiectare.

r. m.

Hidroenergetice

Amenajarea Monteynard pe Drac. (Isère) R. Dubost: Construction. Iunie (1960), p. 245—251.

Valea rîului Drac, una din văile Alpilor, este situată în regiunea oraşului Grenoble, unde se varsă în Isère. Prezentînd un important potenţial hidroenergetic rîul Drac este în curs de amenajare, avînd ca punct principal uzina hidroelectrică de la Monteynard de 320 kW.

I. *Hidrologia.* Bazinul de recepţie este de 2 000 km^2 la barajul de la Monteynard, cu un debit modul de 58,4 m^3/s. Debitele minime, în ianuarie, sînt de 35 m^3/s, iar în august de 38 m^3/s. Debitele maxime ating în iunie 112 m^3/s şi în noiembrie 68 m^3/s. Debitele de viitură ating următoarele valori :

— debit la 10 ani	600 m^3/s
— debit la 100 ani	1 000 m^3/s
— debit la 1 000 ani	2 000 m^3/s

II. *Schema de amenajare a rîului Drac* cuprinde următoarele uzini hidroelectrice (din amonte spre aval) :

1. UHE Motty $N = 36$ MW $V_{lac} = 150$ milioane m^3
2. UHE Sautet $N = 74{,}3$ MW $V_{lac} = 100$ milioane m^3
3. UHE Covdeac $N = 60$ MW
4. UHE St. Pr. Cognet $N = 99$ MW $V_{lac} = 11$ mil. m^3
5. UHE Monteynard $N = 320$ kW $V_{lac} = 150$ milioane m^3

Principala lucrare, după cum se vede, este uzina Monteynard, despre care se va vorbi mai jos.

III. *Caracteristici principale.* Fiind de tipul uzină baraj,

Tabela 1

Centrala	Pécs	Stalinvaros	Inota	Ajka-II	Tisza-palkonya	Borsod	Oroszlany
Puterea instalată MW	92,1	84+20	120	92,1	200	194,8	200
Număr cazane buc.	8	8	7	5	8	10	4
Număr turbine buc.	3	5	6	3	4	8	2
Volumul specitic m^3/MW	3 250	2 953	2 850	2 508	2 242	2 236	1 400

întreaga cădere a centralei este realizată prin retenţia apei care oferă totodată o acumulare de 240 milioane m^3, din care 150 milioane m^3 util. Această retenţie situată la o cotă relativ coborîtă (490) este deosebit de interesantă pentru realizarea unei centrale de vîrf. Caracteristicile amenajării sînt :

— Cota de retenţie normală	490 m
— Înălţimea tranşei utile în lac	40 m
— Debit catastrofal	2 500 m^3/s
— Cota de restituţie	363 m
— Căderea brută maximă	127 m
— Debit instalat	300 m^3/s
— Numărul de grupuri	4 buc.
— Puterea instalată	320 MW
— Puterea garantată (dec., ian., feb.)	81,8 MWh
— Producţia anuală medie	466 GWh
— Evacuarea energiei	220 kV

Este interesant de remarcat că deşi acumularea este sezonieră s-a acceptat o supraechipare puternică (1 450 ore/an, în în medie cu 4,2 ore de funcţionare zilnică).

IV. *Descrierea lucrărilor de construcţii.* Principala lucrare este barajul în arc, ale cărui caracteristici le indicăm mai jos :

— Volum de beton	455 000 m^3
— Volum de steril excavat	76 000 m^3
— Cota coronamentului	495,30 m
— Înălţimea barajului	150 m
— Lungimea la coronament	210 m
— Grosimea la bază (inclusiv uzina)	40 m
— Grosimea la coronament	5 m

Priza de apă, conductele forţate şi centrala au fost înscrise în profilul barajului, fiind grupate cîte două agregate pe fiecare bloc de beton.

Descărcarea apelor mari se face peste coronamentul barajului în două deversoare-aruncătoare.

e. c.

Utilizarea betoanelor bituminoase etanşe la protecţia taluzelor canalelor. Valet G. : Construction, (1960), iunie p. 270—276.

Acest gen de îmbrăcăminte este interesant :

— pentru că se poate executa continuu şi pentru că supleţea sa permite tasarea inegală a terasamentelor, fără ca betonul bituminos să crape ;

— pentru economicitatea sa, cel puţin în viitor.

La centrala Palaminy din R.E.H. Garonne s-a executat un tronson de 402 m de canal de aducere, protejat cu beton bituminos. Nu au fost utilizate nici un fel de materiale speciale şi nici maşini de construcţie specială, afară de mici modificări la maşinile rutiere pentru betonul de pantă. Totuşi, trebuie să observăm că un astfel de beton are toleran-

ţele de execuţie mult mai restrînse şi incomparabil mai severe decît la un beton cu ciment. O grijă deosebită trebuie dată controlului granulometriei, temperaturii, cilindrării şi executării rosturilor de lucru între diversele benzi.

Canalul executat avea următoarele caracteristici:

— Debit derivat	130 m³/s
— Panta	0,15 m/km
— Înălţimea apei la pupă	6,75 m
— Înălţimea maximă la camera de încărcare	7,60 m
— Lărgimea de fund	5,50 m
— Panta taluzelor	2/3
— Lungimea unui taluz	14,20—15,60m
— Grosimea cămăşuielii radier	20 cm
— Grosimea cămăşuielii taluz	13,5 cm
— Lăţimea digului pe creastă	3 m
— Rugozitatea cerută după Chezy	73

Acest canal, realizat cu titlu experimental, va fi urmărit în exploatare timp de două veri şi două ierni, după care se vor trage concluzii în privinţa eficacităţii sale (1960—1962).

La aceste lucrări este esenţial a se verifica dacă amestecul studiat este stabil pe panta de 3/2 la temperatura de 70°C.

Din punct de vedere al etanşeităţii s-a ajuns la concluzia că această caracteristică este îndeplinită dacă volumul golurilor nu depăşeşte 5%.

Înainte de adoptarea unei formule definitive, trebuie să se verifice dacă betonul bituminos satisface următoarele condiţii:

— Lucrabilitate.

— Rugozitate redusă, legat de protecţia maximă admisă şi de eficacitatea compactajului.

— Compoziţia granulometrică a fost următoarea:

— pietriş 5/15 : 45% din greutate

— nisip 0/5 : 50%

— tiller : 5%

— bitum 60/70 : 7,2 părţi pentru 100 kg de material.

Rezultatele de laborator obţinute asupra acestui material au fost următoarele:

— Rezistenţa la crăpare 60—70 kg/cm²

— Imersiune-compresiune 0,85

— Volumul golurilor 4 — 6% (laborator)

— Volumul golurilor 2,1—7,5 (şantier)

— Densitate aparentă 2,30—2,31 (laborator)

— Densitate aparentă 2,34—2,40 (şantier)

— Etanşeitatea obţinută minimum 10^{-6}

— Randamentul de execuţie a îmbrăcăminţii:

maximum : 1 160 m² pe zi de 10 ore

minimum : 600 m²

mijlociu : 960 m²

c. c.

Energetica nucleară

U.R.S.S. va construi prima CNE din India. Energia Nucleare nr. 9 (1960) p. 658.

În India, în cadrul celui de al treilea plan cincinal, se vor construi două CNE cu uraniu îmbogăţit avînd fiecare o putere de 150 MW—e.

După cum a anunţat preşedintele Comisiei Atomice Indiene, s-a hotărît ca prima din cele două centrale să fie construită de U.R.S.S. în cadrul unui acord vast de cooperare pe tărîm nuclear care va fi semnat curînd între cele două ţări. Reactorul acestei prime centrale va fi cu uraniu natural, moderat cu apă grea, răcit cu CO_2. El va fi similar reactorului pe care U.R.S.S. îl construeşte la Bohunice în Cehoslovacia. Se prevede ca centrala să intre în funcţiune în 1964.

Cea mai mare parte a componentelor instalaţiei va fi construită în India după tehnica sovietică şi sub îndrumarea tehnicienilor indieni care vor fi formaţi în U.R.S.S.

În plus Comisia Atomică Indiană examinează posibilitatea de construire a încă două centrale cu uraniu îmbogăţit de 100 MW—e fiecare.

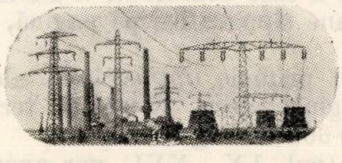
a. p.

Indonezia va construi un reactor nuclear cu ajutorul U.R.S.S. La Propriété Industrielle Nucléaire nr. 18, p. 8 (1960).

U.R.S.S. va ajuta Indonezia ca la începutul anului 1961 să construiască un reactor nuclear lîngă Djakarta.

Directorul Consiliului Indonezian de Energie Atomică a anunţat că reactorul va costa cca 25 mil. de franci noi şi va fi terminat în trei sau patru ani.

a. p



LEXICONUL TEHNIC ROMÎN

O mare lucrare enciclopedică în domeniul tehnicii şi al ştiinţelor ei de bază

Dezvoltarea economiei noastre naţionale datorită avîntului industriei, al tehnicii, cere oamenilor muncii să-şi ridice necontenit nivelul profesional, să-şi lărgească continuu sfera de cunoştinţe tehnice, pentru a contribui din plin la creşterea şi perfecţionarea neîntreruptă a producţiei socialiste, pe baza tehnicii celei mai înalte.

Răspunzînd acestei necesităţi şi aplicînd în practică directivele partidului şi guvernului, Editura tehnică a tipărit între anii 1949—1956 prima ediţie a Lexiconului Tehnic Romîn, elaborat de Asociaţia Ştiinţifică a Inginerilor şi Tehnicienilor din Republica Populară Romînă (ASIT).

La realizarea acestei lucrări au contribuit cîteva sute de colaboratori — academicieni, membri corespondenţi ai Academiei R.P.R., doctori în ştiinţe, cadre universitare dintre cele mai calificate, ingineri şi tehnicieni care activează nemijlocit în aproape toate ramurile industriale, laureaţi ai Premiului de Stat etc.

Lexiconul Tehnic Romîn ediţia I a apărut în şapte volume, cuprinzînd 48 763 de termeni directori cu toate subdiviziunile lor şi circa 6 500 figuri.

Apariţia numeroaselor ramuri noi de producţie, dezvoltarea rapidă pe care a luat-o tehnica în ultimii ani şi creşterea numărului celor care folosesc tehnica, cît şi precizările făcute în multe domenii a terminologiei tehnice de către Academia R.P.R. şi Oficiul de Stat pentru Standarde, au dus la publicarea noii elaborări a acestei lucrări.

Noua ediţie a Lexiconului Tehnic Romîn este elaborată de un colectiv mai lărgit al ASIT.

Concepută în 16 volume, noua elaborare cuprinde un vast material documentar din 70 de discipline de bază şi va prezenta în circa 10 000 de pagini 70 000 de termeni directori şi aproximativ 17 000 de figuri.

În noua lui formă, Lexiconul reflectă nivelul înalt la care s-a ridicat capacitatea de cercetare, de proiectare şi de producţie din ţara noastră, sub impulsul industrializării socialiste a ţării şi a cuceririlor noi, romîneşti şi mondiale, ale ştiinţei.

Noua ediţie a Lexiconului Tehnic Romîn cuprinde o informare tehnică mai amplă, atît în ceea ce priveşte numărul de termeni trataţi cît şi întinderea şi profunzimea fiecărui text explicativ, bazată pe progresul tehnicii şi al ştiinţei. Numărul de discipline s-a mărit, cuprinzînd ramuri noi ca: Pedologia, Televiziunea, Plasticitatea, Fizica atomică nucleară etc.

S-au introdus mulţi termeni noi, ca: acoperire, adaos, metalurgie, aerofar, automatizare, aeromagnetometrie, bureză, calculator electronic etc.

S-au realizat o ordonare mai sistematică a materialului şi o unificare a terminologiei tehnice şi ştiinţifice, de comun acord cu lucrările lexicografice ale Academiei R.P.R. şi cu Oficiul de Stat pentru Standarde.

Aspectul grafic al lucrării a fost schimbat. S-a folosit formatul mare Z5 —205/265mm cu un număr mai mare de semne tipografice pe pagină, cu o ilustraţie bogată şi pe hîrtie velină.

Pînă în prezent au apărut primele opt volume ale noii ediţii a Lexiconului Tehnic Romîn, totalizînd 4 947 de pagini, circa 26 974 de termeni directori, 7 742 de termeni secundari explicaţi în text şi 9 606 de figuri.

Următoarele opt volume (vol. IX—XVI) vor apare în anii 1961—1964, cuprinzînd literele H—Z, iar preţul fiecărui volum va fi de 100 lei.

Noua elaborare a Lexiconului Tehnic Romîn va intra în tezaurul culturii ca un bun social şi va deveni un îndrumător preţios pentru ingineri, tehnicieni, cercetători, cadre didactice, militari, studenţi şi muncitorii cu nivel tehnic mai ridicat.

MŰSZAKI KÖNYVTÁR·ORSZÁGOS
1883

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.311.25 :621.384 :621.029.001

Badea I. A., Paraschiv A. и *Wlezek C.*: **Ядерно-электрические централи, оборудованные водяными реакторами под давлением.**

Представлено современное состояние технических решений, принятых в сооружении ядерно-электрических централей, оборудованных реакторами с водой под давлением и даются несколько главных характеристик ядерно-электрических централей с реакторами данного типа, находящихся в эксплуатации или строящихся.

Energetica, **9** (1961) № 7, стр. 261—275

ДК 621.183 662.69.001

Antonescu N.: **Соображения об оптимальной величине промежуточных экранов современных котлов на газе.**

Использование промежуточных экранов при сооружении современных котлов позволяет получать значительную экономию металлов. Для оценки оптимальной величины промежуточных экранов приводится метод расчета, который позволяет определить либо минимальный расход металла, либо, минимальную экранированную поверхность.

Energetica, **9** (1961) № 7, стр. 275—279

ДК 621. 311.22.004.15

Brebenel D.: **Меры, позволяющие устранить резонанс лопастей паровых турбин.**

В работе изложено несколько мер, позволяющих улучшить вибрационные характеристики лопастей паровых турбин, повышая таким образом степень их безопасности в эксплуатации. Теоретически доказано, а в некоторых случаях и практически, влияние каждой меры на резонанс лопастей, связанных в пакет, приводится несколько практических результатов.

Energetica, **9** (1961) № 7, стр. 280—283

ДК 621.311.22.004.15

Vladimir N.: **Об улучшении к.п.д. старых ТЭЦ путем внедрения регенеративного подогрева питательной воды.**

Теоретически и практически разбирается вопрос внедрения регенеративного подогрева на старых ТЭЦ для подогрева собственного или общего конденсата.

Energetica, **9** (1961) № 7, стр. 284—287

ЭНЕРГЕТИКА ЗА РУБЕЖОМ, стр.

ДОКУМЕНТАЦИЯ, стр.

INHALSVERZEICHNIS

DK 621.311.25 : 621.384 : 621.029.001

Badea I. A., Paraschiv A. und *Wlezek C.*: **Atomkraftwerke mit Hochdruck wasserreaktoren.**

Der gegenwärtige Stand der technischen Lösungen wird dargelegt, die beim Bau Atomkraftwerken angewand werden, deren Ausrüstung aus Kernreaktoren mit Wasser von hohem Druck gebildet ist. — Anschliessend werden einige der wichtigsten Kenndaten der Atomkraftwerke mit Reaktoren dieser Art angeführt, die sich zur Zeit in Betrieb oder Aufbau befinden.

Energetica, **9** (1961) No. 7, p. 261—275

DK 621.183 : 662.69.001

Antonescu N.: **Betrachtungen über die optimale Bemessung der zwischen-geschalteten Abschirmungen bei modernen Iessins für gasförmigen rennstoff.**

Die ersendung von Zwischen-Abschirmungen beim Bau der modernen Kessel gestattet das Erzielen einer grossen Metall-einsparung. — Um die optimale Bemessung der Zwischen-Abschirmungen zu bestimmen, wird ein Berechnungsverfahren vorgeschlagen, mit dem sowohl das Mindestmass an Metallverbauch als auch das mindestmass der abgeschirmten fläche ermittelt werden kan .

Energetica, **9** (1961) No. 7, p. 275—279

DK 621.165.004

Brebenel D.: **Massnahmen zum Vermeiden der Resonanz schwingung der Schaufeln an den Dampfturbinen.**

Im Aufsatz werden einige Massahmen angeführt zur verbesserung der Schwingungskenndaten der Dampfturbinenschaufel , was zur Steigerung der Betriebssicherheit beiträgt. Ferner wird in theoretischer und in einigen Fallen auch in experimenteller Weise der Einfluss jeder der Massnahmen auf die Schwingung der gebündelten Schaufeln dargelegt und einige in der Praxis erzielte Ergeb nissenangeführt.

Energetica, **9** (1961) No. 7, p. 280—283

DK 621.311.22.004.15

Vladimir N.: **Relative Betrachtungen über die Verbesserung des Wirkungsgrads der alten Wärmekraftwerke durch einführung der regenerativen Wasservorerwärmung.**

In theoretischer und praktischer Weise wird die Frage der Einführung der regenerativen Vorernärmung in den alten Wärmekraftserken geprüft im Hinblick auf die Vorerwärmung des eigentlichen oder des allgemeinen Kondensats.

Energetica, **9** (1961) No. 7, p. 284—287

ENERGIEWIRTSCHAFT JENSEITS DER GRENZEN, S.

SCHRIFTTUM, S.

SOMMAIRE

CD 621.311.25 : 621.384 : 621.029.001

Badea I. A., Paraschiv A. et *Wlezek C.* **Centrales nucléaires-électriques équipées de réacteurs à l'eau sous pression.**

On présente le stade actuel des solutions techniques adoptées dans la construction des centrales nucléaires-électriques équipées de réacteurs à l'eau sous pression et l'on donne plusieurs des principales caractéristiques des centrales nucléaires-électriques à réacteurs de ce type en service et en cours de construction.

Energetica, **9** (1961) No. 7, p. 261—275

CD 621.183 : 662.69.001

Antonescu N. **Considérations sur la grandeur optimum des écrans intermédiaires aux chaudières modernes à combustible gazeux.**

L'utilisation, dans la constructions des chaudières modernes, des écrans intermédiaires permets la réalisation d'importantes économies en métal.

Pour l'appréciation de la grandeur optimum des écrans intermédiaires, on propose une méthode de calcul par laquelle l'on peut déterminer, soit le taux minimum de consommation en métal, soit la superficie écranée minimum.

Energetica, **9** (1961) No. 7, p. 275—279

CD 621.165.004

Brebenel D. : **Mesures qui peuvent etre prises pour faire sortir de la résonnance les palettes des turbines à vapeur**

L'auteur expose quelques mesures tendant à l'amélioration des caractéristiques des vibrations des palettes des turbines à vapeur, relevant ainsi le niveau de sécurité dans l'exploitation.

Il démontre théoriquement et, dans certains cas, expérimentalement, l'influence de chacune de ces mesures sur la fréquence des palettes reliées en paquets. Il indiques également quelques résultats obtenus dans la pratique.

Energetica, **9** (1961) No. 7, p. 280—283

CD 621.311.22.004.15

Vladimir N. **Considérations à propos de l'amelioration du rendementdes des anciennes centrales thermo-électriques, par l'introduction du réchauffage régénératif de l'eau d'alimentation.**

L'auteur fait un examen théorique et pratique du problème de l'introduction du réchauffage régénératif dans les anciennes centrales électriques, pour le réchauffage du condensat propre, ou général.

Energetica, **9** (1961) No. 7, p. 284—287

L'ÉNERGÉTIQUE A L'ÉTRANGERR, p.

DOCUMENTATION, p.

CONTENTS

DC 621.311.25 : 621.384 : 621.029.001

Badea I. A., Paraschiv A. and *Wlezek C.* **Atomic electric stations equiped with reactors with water under pressure.**

This paper points out the present stage of the technical solutions adopted in build ng atomic electric stations equipped with reactors with water under pressure. The main features of atomic electric stations designed with such reactors-already functioning or under construction are shown.

Energetica, **9** (1961) No. 7, p. 261—275

DC 621.183 : 662.69.001

Antonescu N. **Some considerations on the optimum size of intermediate screens in modern boilers wih gaz fuel.**

The utilisation of intermediate screens in building modern boilers results in important metal savings. In view of estimating the optimum size of intermediate screens a computation method is suggested, wich may lead to the determination either of minimum metal consumption or of the minimum screened surface.

Energetica, **9** (1961) No. 7, p. 275—279

DC 621.165 : 004

Brebenel D. : **Measures which can be taken to put out of resonance steam turbine blades.**

The paper discuses some measures meant to improve the vibration characteristics of steam turbine blades thus raising their safety level during working.

The author demonstrates theoretically and in some cases experimentally, the influence of each measure on the frequency of bundleblades. Some practical results are pointed out.

Energetica, **9** (1961) No. 7, p. 280—283

DC 621.311.22.004.15

Vladimir. **Some considerations concerning the improvement of the efficiency of old thermoelectric stations, by means of regenerative preheating of feed water.**

The problem is theorically and practically examined of the regenerative preheating in old electric power stations for ensuring the preheating of its own or general condensate.

Energetica, **9** (1961) No. 7, p. 284—287

ENERGETICS ABROAD, p.

DOCUMENTATION, p.

NOUL APARAT DE RADIO DE CONSTRUCȚIE ORIGINALĂ

Fantezia

S 604 A

Oferă o audiție minunată cu performanțe excelente pe toate lungimile de undă.

● 3 + 2 TUBURI ELECTRONICE ● 3 GAME DE UNDĂ ● 2 DIFUZOARE DE 2.5 VA – MONTATE LATERAL ● INDICATOR OPTIC DE ACORD ● REGLAJ DE TON

Casetă de construcție originală cu ornamentație de alamă plăcută ochiului, care dă o notă de eleganță oricărui interior.

Electronica

ÎNTREPRINDEREA INDUSTRIALĂ DE STAT PENTRU PIESE ȘI APARATE DE RADIO, TELEVIZOARE ȘI ELECTRONICĂ INDUSTRIALĂ
București, str. Baicului nr. 82, raionul 1 Mai ● Telefon: 12 19 40 – 12 19 46 12 19 49

Recomandări privind întocmirea articolelor tehnico-științifice

1. FONDUL ARTICOLELOR

1.1. *Lucrări* **ce pot fi prezentate spre publicare:**

1.1.1. *de importanță generală* **(principii noi, dispoziții noi, rezultate experimentale originale, studii teoretice inedite, ale unor fenomene fizice și procese tehnice cu caracter general);**

1.1.2. *tehnico-științifice, speciale, teoretice sau experimentale,* **avînd contribuții originale dar referindu-se la un domeniu de specialitate restrîns (extinderea valabilității unor dispoziții, aplicarea unor teorii sau metode cunoscute la o problemă nouă, rezultate experimentale inedite sau de control);**

1.1.3. *tehnice obișnuite* **(expunerea studiului unor probleme tehnico-științifice, discuții și critici ale unor rezultate cunoscute etc.).**

1.2. *Legătura cu practica* **muncii de cercetare, proiectare, învățămînt, producție este condiția esențială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuție trebuie să se refere la probleme noi și actuale, de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde considerații privind eficiența economică a soluțiilor. Se recomandă ca articolele să posede propuneri de viitor.**

1.3. *Verificarea experimentală* **se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.**

1.4. *Lucrări* **care au mai fost publicate integral sau parțial nu pot fi trimise redacției spre publicare.**

2. FORMA ARTICOLELOR

2.1. *Organizarea* **lucrării**

2.1.1. *Titlul* **va prezenta în minimum de cuvinte obiectul lucrării.**

2.1.2. *Numele* **autorului va fi precedat de prenume.**

2.1.3. *Un scurt rezumat* **fixînd premizele de la care s-a pornit, problema studiată și cadrul în care este tratată, nedepășind 6–8 rînduri, se va anexa lucrării.**

2.1.4. *Împărțirea* **pe capitole se va face cu cîteva subtitluri potrivit alese, în număr strict necesar pentru o expunere clară a ideilor și înlesnirea orientării.**

2.1.5. *Textul.* **În introducere, se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei și în preocupările producției; de asemenea se arată scopul lucrării, subliniindu-se expres contribuția autorului. Tratarea va trebui să fie unitară permițînd inteligibilitatea fără dificultăți a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstrații voluminoase, de asemenea se va evita repetarea în text a ceea ce poate fi găsit în literatura publicată sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic-ilustrativ, tabele etc.**

2.1.6. *Concluziile* **vor concentra rezultatele obținute, cu indicarea limitei de valabilitate și aplicațiile posibile.**

2.1.7. *Anexele* **pot cuprinde demonstrații originale sau absolut necesare înțelegerii formulelor din text de asemenea, în anexe se pot da exemple de calcul în cazul articolelor care necesită asemenea exemple.**

2.1.8. *Citarea literaturii de specialitate.* **Afirmațiile luate din alte lucrări și care nu sînt general cunoscute vor fi referite la lista bibliografică de la sfîrșitul lucrării. Referirea se face indicîndu-se poziția lucrării în lista bibliografică, în paranteze drepte.**

2.2. *Prezentarea* **lucrării**

2.2.1. *Nivelul* **articolelor va fi înalt.**

2.2.2. *Stilul.* **Redactarea va fi clară și concisă. Ortografia va fi în concordanță cu regulile Academiei R.P.R. Nu se admit prescurtări cu excepția celor unanim cunoscute.**

2.2.3. *Dezvoltările matematice* **vor fi limitate la cele absolut necesare înțelegerii raționamentului matematic. Este suficient, în general, punerea în ecuație și indicarea rezultatelor. Pentru demonstrații se vor alcătui anexe (v. pct. 2.1.7).**

2.2.4. *Tabelele* **se vor folosi în cazul cînd date numerice importante nu pot fi reprezentate grafic satisfăcător. Nu se admite folosirea concomitentă a datelor numerice sub formă de tabelă și diagramă. Tabelele vor fi referite în text și se va indica sursa lor.**

2.2.5. *Materialul grafic ilustrativ* **(figuri, fotografii) va permite reprezentarea clară și intuitivă a unor idei, puncte de vedere. Ele trebuie să completeze expunerea din text și vor fi referite cu grijă în text indicîndu-se sursa lor.**

2.2.6. *Sistematizarea și numerotarea* **capitolelor se va face cu grije evitîndu-se excesele. Se recomandă utilizarea sistemului zecimal.**

2.3. *Forma exterioară a lucrării*

2.3.1. *Terminologie, mărimi și unități.* **Se recomandă a fi conforme cu normele internaționale și STAS-urile în vigoare.**

2.3.2. *Scrierea formulelor.* **Se recomandă o atenție deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii și exponenții se vor scrie mai mici decît baza și așezați mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grijă literele majuscule, minuscule sau cele rusești, romane, grecești, germane etc. Numerotarea formulelor se va face în paranteze în dreapta rotunde.**

2.3.3. *Figurile* **trebuie executate unitar și rațional. Ele vor fi numerotate în continuare. Fotografiile vor fi pe hîrtie strălucitoare alb-negru. Explicația figurilor se va face pe o pagină separată.**

2.3.4. *Notele* **din text se numerotează în continuare.**

2.3.5. *Citarea* **literaturii în text se face prin simpla indicare a poziției lucrării din cadrul listei bibliografice, în paranteze drepte, fără alte mențiuni.**

2.3.6. *Lista bibliografică* **se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cît și figuri sau tabele), speciale cît și cele generale. Se vor indica toate datele în transcripții originale. Pentru cărți: numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet (eventual și tradus, în paranteze), ediția, editorul, locul editării, anul. Pentru articole: numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet original (eventual și tradus, în paranteze), revista, tomul, anul, numărul, pagina.**

2.3.7. *Scrisul la mașină* **al articolelor este recomandat cu insistență, exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic. Se scrie pe o singură față, la două rînduri (2 000 semne pe pagină). În partea stîngă a foii se lasă o margine de 5 cm.**

2.3.8. *Paginația* **se face în continuare. Se recomandă un volum de 10–12 pagini pentru articole.**

2.3.9. *Expedierea.* **Lucrările (în dublu exemplar) vor fi prinse cu agrafe. Manuscrisul se expediază cu paginile înșirate format A4 și cu plicul conținînd materialul grafic-ilustrativ anexat.**

3. RELAȚII CU REDACȚIA

3.1. Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicații.

3.2. Articolele se trimit cu o notă însoțitoare pe adresa redacției. În notă se vor indica: titluri academice, funcțiuni, localitatea și adresa domiciliului, nr. de telefon.

3.3. Lucrările executate în cadrul diverselor instituții sau organizații vor purta aprobarea acestora de publicare.

3.4. Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare.

3.5. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 ore de la primire. Nu se admit modificări esențiale față de manuscris. Modificările importante ale manuscrisului cad în sarcina autorului.

Republica Socialistă Cehoslovacă livrează centrale cu aburi de toate puterile, începînd de la cele mai mici pînă la puterile unitare cele mai mari. Experienţa de peste o sută de ani a uzinelor de renume mondial Skoda, a CKD şi a primului atelier de construcţii mecanice din Brno constituie garanţia unei execuţii perfecte şi a unei securităţi depline în lucru.

În ultimii ani am construit cîteva zeci de centrale cu abur în diferite părţi ale lumii.

Cereţi oferte la

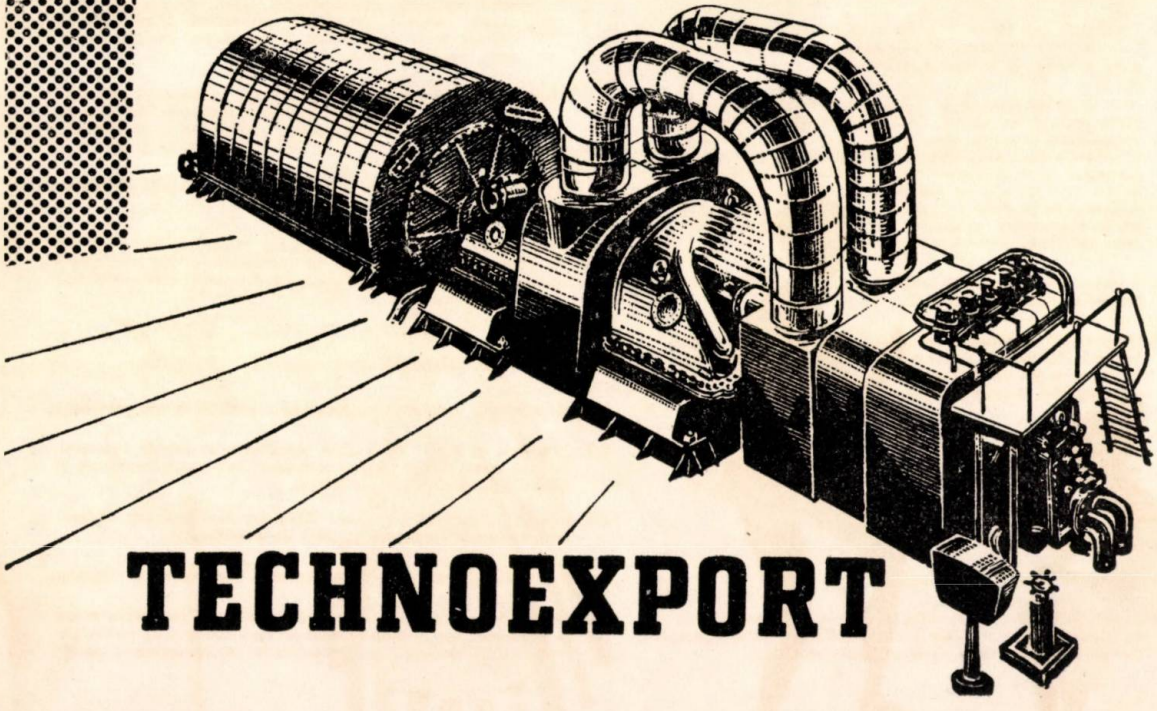
TECHNOEXPORT

ÎNTREPRINDERE DE COMERŢ EXTERIOR PENTRU INSTALAŢII INDUSTRIALE COMPLETE

PRAGA — REPUBLICA SOCIALISTĂ CEHOSLOVACĂ

Pentru referinţe consultaţi:

Ambasada Republicii Socialiste Cehoslovace — Str. Vasile Lascăr, 33—45 Bucureşti



TECHNOEXPORT

CARL ZEISS JENA

Odinioară şi acum

Aparate tehnice de cea mai înaltă precizie pentru măsurări fine

Aparate mecanice de măsurat lungimi şi filete

Aparate mecanico-optice de măsurat lungimi, filete şi profile

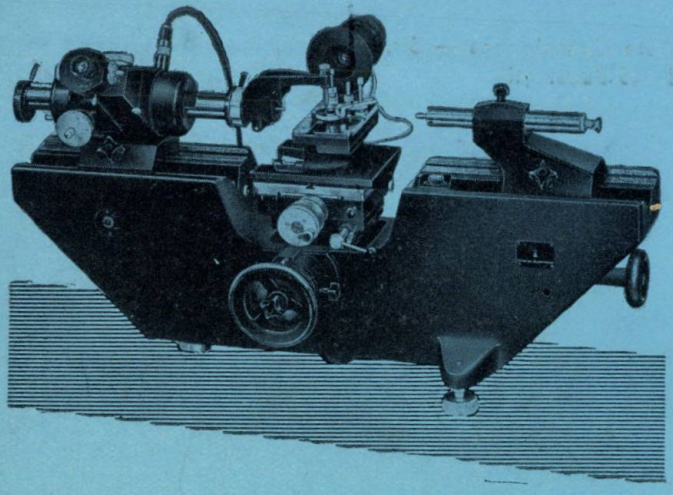
Aparate de măsurat roţi dinţate, alinieri, unghiuri şi diviziuni

Aparate pentru proiectarea profilelor, aparate de măsură şi comandă

Microscoape de interferenţă

Comparatoare de interferenţă

Măsuri finale paralele



Vă ţinem bucuros la dispoziţie imprimate cu explicaţiuni detaliate pentru diferitele aparate.

VEB Carl Zeiss JENA

REPUBLICA DEMOCRATĂ GERMANĂ

ISRS

INGINERI ŞI TEHNICIENI

Citiţi publicaţiile editate de

Institutul de Studii Romîno-Sovietic al Academiei Republicii Populare Romîne

Analele Romîno-Sovietice, seriile :

Metalurgie
Matematică-Fizică
Chimie

Revistele de Referate, seriile :

Fizică
Chimie
Matematică

Biblioteca Analelor Romîno-Sovietice, seria Tehnică

Buletinul de informare ştiinţifică

care vă vor sprijini în munca dvs. cu bogata experienţă a ştiinţei şi tehnicii sovietice şi vă vor informa asupra celor mai recente progrese realizate în aceste domenii.

Abonamentele se primesc la oficiile P. T. T. R., factorii şi agenţii poştali, difuzorii de presă din întreprinderi şi instituţii şi direct la Institutul de Studii Romîno-Sovietic, Bucureşti str. Gutenberg nr. 3 bis, raionul Lenin, tel. 14.54.49

I. P. 2, c. 2040

Lei 5

E 2039
R
KAT
REFERALVA

ENERGETICA

Energetica — Vol. 9 — august 8 nr. 8/1961 — p. 297-336 — București
1961

RECOMANDĂRI PRIVIND ÎNTOCMIREA ARTICOLELOR TEHNICO-ȘTIINȚIFICE

1. FONDUL ARTICOLELOR

1.1. **Lucrările** ce pot fi prezentate spre publicare sînt :

1.1.1. *de importanță generală* (principii noi, dispoziții noi, rezultate experimentale originale, studii teoretice inedite, ale unor fenomene fizice și procese tehnice cu caracter general) ;

1.1.2. *tehnico-științifice speciale, teoretice sau experimentale,* avînd contribuții originale, dar referindu-se la un domeniu de specialitate restrîns (extinderea valabilității unor dispoziții, aplicarea unor teorii sau metode cunoscute la o problemă nouă, rezultate experimentale inedite sau de control) ;

1.1.3. *tehnice obișnuite* (expunerea studiului unor probleme tehnico-științifice, discuții și critici ale unor rezultate cunoscute etc.).

1.2. **Legătura cu practica** muncii de cercetare, proiectare, învățămînt, producție, este condiția esențială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuție trebuie să se refere la probleme noi și actuale, de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde considerații privind eficiența economică a soluțiilor, Se recomandă ca articolele să cuprindă propuneri de viitor.

1.3. **Verificarea experimentală** se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.

1.4. **Lucrările** care au mai fost publicate integral sau parțial nu pot fi trimise redacției spre publicare.

2. FORMA ARTICOLELOR

2.1. **Organizarea lucrării**

2.1.1. *Titlul* va reprezenta, în minimum de cuvinte, obiectul lucrării.

2.1.2. *Numele* autorului va fi precedat de prenume.

2.1.3. *Un scurt rezumat* fixînd premizele de la care s-a pornit, problema studiată și cadrul în care este tratată, nedepășind 6—8 rînduri, se va anexa lucrării.

2.1.4. *Împărțirea* pe capitole se va face cu cîteva subtitluri potrivit alese, în număr strict necesar pentru o expunere clară a ideilor și înlesnirea orientării.

2.1.5. *Textul.* În introducere, se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei și în preocupările producției ; de asemenea, se arată scopul lucrării, subliniindu-se expres contribuția autorului. Tratarea va trebui să fie unitară, permițînd inteligibilitatea fără dificultăți a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstrații voluminoase ; de asemenea, se va evita repetarea în text a ceea ce poate fi găsit în literatura publicată sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic-ilustrativ, tabele etc.

2.1.6. *Concluziile* vor concentra rezultatele obținute, cu indicarea limitei de valabilitate și aplicațiile posibile.

2.1.7. *Anexele* pot cuprinde demonstrații originale sau absolut necesare înțelegerii formulelor din text ; de asemenea, în anexe se pot da exemple de calcul în cazul articolelor care necesită asemenea exemple.

2.1.8. *Citarea literaturii de specialitate.* Afirmațiile luate din alte lucrări și care nu sînt general cunoscute vor fi referite la lista bibliografică de la sfîrșitul lucrării. Referirea se va face indicîndu-se poziția lucrării în lista bibliografică, în paranteze drepte.

2.2. **Prezentarea lucrării**

2.2.1. *Nivelul* articolelor va fi înalt.

2.2.2. *Stilul.* Redactarea va fi clară și concisă. Ortografia va fi în concordanță cu regulile Academiei R.P.R. Nu se admit prescurtări cu excepția celor unanim cunoscute.

(Continuare pe coperta a III-a)

ENERGETICA

ANUL 9 Nr. 8 AUGUST 1961

CUPRINS

CZ 621.311.1.027.3 (063) (100)

Groza L. şi *Militaru P.* : **Cea de-a 18 sesiune a CIGRÉ**

Energetica, **9** (1961) nr. 8, p. 297—311

CZ 621.165.004

Iliescu T. şi *Grosz I.* : **Probe de funcţionare cu vid înrăutăţit a unei turbine de 2 000 kW.**

Se prezintă probleme legate de trecerea turbinelor de condensaţie la funcţionarea cu vid înrăutăţit şi rezultatele probelor efectuate la o turbină de 2 000 kW.

Energetica, **9** (1961) nr. 8, p. 312—315

CZ 621.181.004

Nacu H. : **Unele observaţii din exploatarea de lungă durată a unui cazan de abur de parametri ridicaţi.**

Se expun cîteva observaţii şi concluzii din experienţa exploatării de lungă durată (peste 135 000 de ore) a unui cazan de abur P= 125 at şi t = 520°C dintr-o centrală electrică industrială de termoficare.

Energetica, **9** (1961) nr. 8, p. 316—321

CZ 621.311.1 .621.3.072.6.001

Mihăileanu C. şi *Ionescu V.* : **Ecuaţiile şi schemele regimului dinamic în sistemele energetice prevăzute cu reglajul automat al frecvenţei.**

Se stabilesc şi se descriu ecuaţiile şi schemele sistemului energetic, sistemului de reglare primară, sistemului de reglare secundară şi ale ansamblului acestora în vederea studiului regimului dinamic.

Energetica, **9** (1961) nr. 8, p. 322—332

ENERGETICA PESTE HOTARE

CZ 697.34.003/4 (47)

Colţ Gh. : **Cîteva aspecte tehnico-economice ale termoficării în U.R.S.S.**

Energetica, **9** (1961) nr. 8, p. 333—335

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. ing. **I. D. STĂNCESCU,** redactor responsabil, conf. ing. **C. MIHAILEANU,** redactor responsabil adjunct, conf. ing. **I. A. BADEA,** prof. ing. **M. BERCOVICI,** membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, ing. **M. COGĂLNICEANU,** conf. ing. **E. CONSTANTINESCU,** ing. **P. DIMO,** laureat al Premiului de Stat, prof. ing. **C. DINCULESCU,** membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. **I. V. HERESCU,** conf. ing. **N. MOLDOVEANU,** prof. ing. **C. PENESCU,** ing. **T. POPA,** ing. **S. SĂNDULESCU** și ing. **P. VICOL**

Revista **„ENERGETICA"**, organ al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. și al Ministerului Industriei Minelor și Energiei Electrice. Redacția și administrația : București, Str. Ion Ghica Nr. 3 Raion Tudor Vladimirescu, Telefon 14.15.95—14.06.24. Revista este editată de A.S.I.T. — Abonamentele se primesc la administrația revistei, la sediul filialei A.S.I.T. din întreaga țară și prin responsabilii cu presa din cercurile A.S.I.T. — Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinete tehnice în contul nostru de viramente : Publicațiile Tehnice A.S.I.T. 070124 B.R.P.R. Filiala I. V. Stalin — București — Tarif pentru întreprinderi : lei 100 anual. Tarif pentru muncitori, tehnicieni și ingineri : lei 30 anual — Prețul unui exemplar : lei 5 — Tiparul : Întreprinderea Poligrafică Nr. 2, București, c. 2621

ENERGETICA

ANUL 9
1961
Nr. 8
AUGUST

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.
ȘI AL MINISTERULUI MINELOR ȘI ENERGIEI ELECTRICE

Lucrările celei de-a 18-a sesiuni a Conferinței Internaționale a Marilor Rețele Electrice (CIGRÉ)

Ing. *L. GROZA* și Conf. ing. *P. MILITARU*

OBIECTUL CONFERINȚEI

Între 15 și 25 iunie 1960 a avut loc la Paris a 18-a sesiune a CIGRÉ. După cum este cunoscut, sesiunile au loc în acest oraș, din 2 în 2 ani.

Țara noastră a avut în trecut o participare tradițională la lucrările CIGRÉ, timp de peste 3 decenii, în special prin activitatea deosebit de apreciată a acad. C. Budeanu.

Începînd cu sesiunea din anul 1956, țara noastră și-a reluat participarea la activitățile CIGRÉ, prin rapoarte, discuții în cadrul sesiunilor și în comitetele și grupele de studii.

Activitatea noastră în CIGRÉ se face prin intermediul Comitetului național romîn. Comitetul național romîn CIGRÉ a trimis la a 18-a sesiune o delegație compusă din următoarele persoane :

Ing. *A. Georgescu*, Director general adjunct al DGEE (conducătorul delegației).
Ing. *L. Groza*, proiectant șef la ISPE.
Conf. ing. *P. Militaru*, inginer șef la ISPE.
Conf. ing. *C. Apetrei*, Director adjunct al Institutului de Energetică al Academiei R.P.R.
Ing. *N. Cocoș*.

Recent, Comitetul național romîn al CIGRÉ a fost reorganizat în modul următor :

Președinte : Ing. *Adrian Georgescu*, Director general adjunct al DGEE ;
Vice-Președinte : Prof. *Corneliu Penescu*, Prorector și profesor la Institutul Politehnic București ;
Secretar : Ing. *Liviu Groza*, Proiectant Șef la ISPE ;
Membri : Prof. *Martin Bercovici*, membru corespondent al Academiei R.P.R., Profesor la Institutul Politehnic București. Prof. *I. S. Antoniu*, de la Institutul Politehnic București. Conf. ing. *C. Apetrei*, Director adjunct al Institutului de Energetică al Academiei R.P.R., Ing. *Nicolae Armencoiu*, membru al Comitetului de Stat pentru Tehnica Nouă, Ing. *V. Bunea*, ing. poiectant la Uzinele de mașini electrice. Conf. ing. *Emil Constantinescu*, ing. șef ISPE, Prof. ing. *V. Corlățeanu*, de la Institutul Politehnic Iași, Ing. *Paul Dimo*, inginer specialist ISPE, Ing. *Ștefan Feldman*, inginer șef al UPDE, Conf. ing. *Gheorghe Hortopan*, director tehnic al ICET. Conf. ing. *Călin Mihăileanu*, inginer la IRME, Ing. *Paul Militaru*, inginer șef ISPE, Conf. ing. *Nic. Moldoveanu*, inginer șef al Inspecției Energetice și Ing. *Vasile Nitu*, ing. șef ISPE.

ORGANIZAREA SESIUNII 1960

Interesul pe care-l prezintă pentru tehnicienii din lumea întreagă este evidențiat de numărul crescînd de țări și persoane participante de la înființare și pînă în prezent. Astfel numărul țărilor participante a fost 12 în 1921, 41 în 1939, 30 în 1946, 45 în 1952 și 47 în 1960. În ceea ce privește numărul congresiștilor acesta a prezentat o creștere continuă și mai accentuată, după cum urmează : 231 în 1921,

MŰSZAKI KÖNYVTÁR · ORSZÁGOS · 1883

814 în 1939, 877 în 1946, 1351 în 1952 și 1908 în 1960.

De remarcat că nu s-au făcut distincții între delegații din R. D. Germană și Republica Federală Germană, ca o manifestare a dorinței de colaborare a tehnicienilor din cele două părți ale Germaniei, despărțite în mod artificial.

Un număr de 120 organizații internaționale au fost reprezentate la sesiunea CIGRÉ 1960.

La sesiunea din 1960 au fost puse în discuție următoarele grupe de rapoarte :

Secția 1-a. *Producerea, transformarea și întreruperea curentului*

Grupa 11 Generatoare ;

Grupa 12 Transformatoare ;

Grupa 13 Întreruptoare ;

Secția 2-a. *Construcția, întreținerea și izolația liniilor*

Grupa 21. Cabluri de înaltă tensiune ;

Grupa 22. Stîlpi și fundații ;

Grupa 23—24. Linii aeriene. Vibrații ;

Grupa 25. Izolatoare ;

Secția 3-a. *Exploatarea, protecția și interconexiunea rețelelor*

Grupa 31. Protecție și relee ;

Grupa 32. Concepția și funcționarea rețelelor. Stabilitatea ;

Grupa 33. Supratensiuni și trăznet ;

Secția 4-a. *Tensiuni mai mari* de 220 kV

Grupa 42. Linii de foarte înaltă tensiune ;

Grupa 43. Curent continuu ;

Rapoartele din 1960 în număr de 132 au fost repartizate pe secții, după cum urmează :

Secția 1-a	43
Secția 2-a	35
Secția 3-a	36
Secția 4-a	18
	132

Aceste rapoarte sînt repartizate astfel între diferitele țări :

URSS, SUA, Franța, Anglia și Germania	câte 8	rapoarte
Elveția	7	„
Suedia, Belgia, Italia și Japonia	câte 6	„
Canada	4	„
Norvegia, R. P. Polonă și Olanda	câte 3	„
R. P. Romînă, R. S. Cehoslovacă, Finlanda, R.P. Ungară și R.P. Bulgaria	câte 2	„
Austria, Maroc, Irlanda, Israel, Jugoslavia și Australia	câte 1	raport

În afară de acestea au fost prezentate 5 rapoarte mixte de autori aparținînd mai multor țări și 27 rapoarte ale comitetelor de studii. Dintre aceste rapoarte, 4 reprezentau dări de seamă ale lucrărilor a 4 comitete de studii, ale căror obiecte nu erau pe ordinea de zi a sesiunii și care au fost prezentate pentru informare și nu au fost discutate.

Cele două rapoarte prezentate de țara noastră au fost următoarele :

Raport nr. 125 : Gh. Hortopan, *O nouă relație privind încercările de impuls ale transformatoarelor* (la grupa 12 Transformatoare)

Raport Nr. 220 : E. Constantinescu și N. Borza, *Studiu asupra determinării coeficienților economici de siguranță ai liniilor electrice aeriene* (la grupa 23—24 Linii aeriene ; Vibrații).

De asemenea în cadrul raportului nr. 334 privind lucrările grupului de studii despre Protecție și Relee a fost prezentat raportul întocmit de C. Mihăileanu sub titlul : *Comportarea releelor direcționale în regim dezechilibrat.*

Fiecare grupă de rapoarte, care s-a discutat în timpul unei ședințe a avut ca de obicei un raportor special, însărcinat să studieze dinainte rapoartele grupei și să stabilească lista subiectelor care meritau să fie discutate. Se menționează că în timpul sesiunii nu se face nici o prezentare a rapoartelor, presupunîndu-se că participanții au luat cunoștință de rapoartele care-i interesează. Orice congresist doritor să ia cuvîntul în cursul unei ședințe trebuie să completeze cu o zi înainte o fișă de discuții, arătînd problema la care urmează să participe la discuții. Numai asupra problemelor puse în discuții în rapoartele speciale se putea lua cuvîntul. Durata unei intervenții a fost limitată la 8 minute și respectată în general de toți congresiștii care au luat cuvîntul.

În timpul sesiunii s-au ținut cîte două ședințe simultan. Numărul ședințelor sesiunii a fost de 23, totalizînd 72 ore de discuții. Majoritatea grupelor au ținut două ședințe, două grupe cîte o singură ședință, iar o grupă trei ședințe.

Limbile oficiale ale discuțiilor au fost franceza și engleza, 8 interpreți în patru echipe de cîte doi, foarte calificați și cu cunoștințe tehnice de specialitate au asigurat traducerea simultană în limbile franceză, engleză și germană. Mici aparate portative de radiorecepție tranzistoriale cu cască permiteau fiecărui auditor să asculte comunicarea în limba preferată.

Sedințele la care se discuta o grupă de rapoarte erau prezidate de către președintele comitetului de studii respectiv. Din biroul ședinței făceau de asemenea parte raportorul special, un secretar al grupei, avînd sarcina să întocmească și să difuzeze după fiecare ședință darea de seamă a discuțiilor și un șef de serviciu al tribunei, însărcinat cu organizarea materială a fiecărei ședințe.

Un grup de stenografe asigurau scrierea la mașină a textelor discuțiilor în limbile franceză sau engleză și le puneau la dispoziție autorilor în limbile franceză sau engleză a doua zi după ce au luat cuvîntul, pentru a le putea corecta în vederea publicării în volumele sesiunii conferinței.

Ședința de deschidere a sesiunii a avut loc miercuri, 15 iunie 1960, ora 17. D. Jeanneney, Ministrul Industriei a salutat congresiștii în numele guvernului francez.

A luat de asemenea cuvîntul președintele consiliului de administrație al CIGRÉ, G. Silva. Doi congresiști, unul în numele congresiștilor de limbă engleză, J. Möllerö (Danemarca) și celălalt în numele celor de limbă franceză M. Vidmar (Jugoslavia) au adresat cuvinte de salut și mulțumire prezidiului congresului și participanților la congres. Ședința s-a încheiat printr-o conferință cu proiecții a lui P. Ailleret (Franța) asupra evoluției energeticii și a rețelelor electrice franceze.

Toate cele 18 comitete de studii au ținut ședințe de lucru în cursul sesiunii, unele chiar trei sau patru ședințe. La aceste ședințe au participat numai membrii comitetelor. Tov. C. Apetrei a luat parte la Comitetul de studii nr. 17 Generatoare, al cărui membru este.

Raportul nr. 125 al tov. G. Hortopan a fost subliniat în cadrul raportului special al grupei 12, cerîndu-se să se facă în cadrul discuțiilor comentarii cu privire la încercările de impuls și la relația dintre generatoarele de impuls și transformatoare în încercări.

Raportul nr. 220 al tov. E. Constantinescu și N. Borza a fost prezentat în raportul special al grupei 23—24 ca o problemă separată de discutat, subliniindu-se că este o încercare foarte interesantă de stabilire a coeficienților de siguranță ai liniilor electrice aeriene pe baza studiului statistic al frecvenței suprasarcinilor de chiciură și vînt. La această problemă au luat cuvîntul patru delegați și anume : N. G. Simpson (Anglia), L. Paris (Italia), P. Militaru (R.P. Romînă) și Cabanes Franța).

Delegații romîni la sesiunea CIGRÉ 1960 au făcut mai multe intervenții la ședințele de lucru ale diferitelor grupe de rapoarte. Astfel tov. A. Georgescu a luat cuvîntul la grupa 42 (linii de foarte înaltă tensiune) în problema treptelor de tensiune peste 220 kV, prezentînd cu această ocazie și interconexiunea de 400 kV, R. P. Romînă-R. S. Cehoslovacă și la grupa 11 (Generatoare) în problema funcționării turbogeneratoarelor drept compensatoare sincrone. Tov. P. Militaru a luat cuvîntul la grupa 23—24 (linii aeriene ; vibrații) în problema coeficienților de siguranță ai liniilor, pe marginea raportului romînesc nr. 220. Tov. Liviu Groza a luat cuvîntul de două ori la grupa 32 în problema reglajului de frecvență-putere pe marginea rapoartelor nr. 320 și 328, în legătură cu determinarea timpului de lansare al rețelelor, și în problema mijloacelor auxiliare pentru calculul rețelelor, pe marginea rapoartelor nr. 324 și 331., asupra folosirii diferitelor metode de calcul și a mașinilor electronice de calcul în R. P. Romînă. Tov. C. Apetrei a luat cuvîntul de trei ori la grupa 11 Generatoare în problema efectuării probelor de izolație a generatoarelor în curent continuu, în problema sistemului de excitație și asupra criteriilor de stabilire a schemei optime de excitație și în problema calculului cuplului asincron în rotoarele masive.

În ziua de 25 iunie ora 10,30, a avut loc ședința de închidere a sesiunii. O serie de congresiști au făcut propuneri pentru îmbunătățirea organizării sesiunilor viitoare. Președintele consiliului de administrație G. Silva a mulțumit tuturor celor care au contribuit la buna organizare a lucrărilor sesiunii.

*

În cele ce urmează se va face o prezentare scurtă a rapoartelor prezentate la sesiunea CIGRÉ din 1960 și a discuțiilor care au avut loc pe diferitele grupe de rapoarte a căror specialitate corespunde specificului revistei „Energetica". Pentru celelalte categorii de rapoarte se face o prezentare similară în revista „Electrotehnica".

Grupa 22. Stîlpi și masive de fundații

La această grupă s-au prezentat opt rapoarte purtînd numerele 206, 212, 219, 221, 225, 229, 232 și 233.

În raportul **206** avînd titlul „*Fundații prefabricate pentru portali ancorați*", L. Haro și K. Orivuori (Finlanda) prezintă prefabricarea fundațiilor pentru stîlpii portali ancorați ai liniilor de 110, 220 și 400 kV din Finlanda, care oferă avantaje în condițiile specifice din această țară unde transportul materialelor în unele regiuni se poate face numai iarna pe pămînt înghețat, iar turnarea fundațiilor la fiecare stîlp numai vara.

Z. Zmudzinski (R.P. Polonă) tratează în raportul **212** „*Încercările de aplicare, în Polonia, a piloților prefabricați ca fundație tipică a stîlpilor liniilor de înaltă tensiune*". Autorul arată încercările rezistenței piloților la smulgere, diferitele dispozitive pentru înfigerea piloților și cîteva linii realizate în 1958—1959 pe astfel de fundații.

Raportul **219** „*Încă patru ani de lucru la stația de încercări de stîlpi din Lecco pentru pregătirea marilor lucrări de linii viitoare de foarte înaltă tensiune*" de F. Bianchi di Castelbianco și G. Magenta (Italia) tratează completările care s-au făcut în perioada 1956—1960 stației de încercări, activitatea de încercări în acest interval de timp, unele rezultate obținute și date asupra programului de viitor. Acest raport este continuarea unui raport prezentat la sesiunea CIGRÉ 1956.

În raportul **221** intitulat „*Stîlpi tubulari pentru linii de transport de energie în Marea Britanie*",

H. B. Harwey și A. Erskine (Anglia) descriu un nou tip de stîlp metalic din elemente tubulare sudate, folosit în ultimii ani în Anglia, arătînd în același timp avantajele, tehnica fabricării și sudării, protecția contra coroziunii, transportul, ridicarea și cîteva informații asupra probelor efectuate la o stație de încercări.

A. P. Birjulin, V. V. Burgsdorf, V. J. Makhlin (URSS) prezintă în raportul **225** *„Sarcinile de vînt pe liniile aeriene"* rezultatele încercărilor în tunel asupra caracteristicilor aerodinamice ale conductoarelor și stîlpilor metalici, precum și rezultatele măsurării presiunii vîntului pe conductoarele liniilor aeriene de încercare.

„Experiența belgiană în materie de încercări de stîlpi și fundații" este titlul raportului **229** compus din două părți. Prima parte scrisă de Prof. L. Vandeperre (Belgia) se ocupă de încercările pe modele reduse ale fundațiilor separate pentru stîlpi de mare înălțime, iar a doua parte întocmită de A. S. Joukoff (Belgia) tratează despre rezultate de încercări pe stîlpi metalici în mărime reală. În prima parte se prezintă încercările făcute pe modele reduse de fundații, modul cum se trece la calculul fundațiilor în mărime naturală, metoda de calcul în cazuri de disimetrie făcîndu-se în sfîrșit o critică a metodelor actuale de calcul. Autorul celei de-a doua părți arată rezultatele a cinci încercări de stîlpi metalici în mărime naturală, rezultate pe care le compară cu valorile obținute prin calcule.

H. Glöyer și Th. Vogelsang (Germania) prezintă în raportul **232** *„Noi tipuri de fundații pentru construcția liniilor aeriene"*. Autorii descriu trei tipuri constructive de fundații utilizate în R. F. Germană și anume fundațiile forate, fundații prefabricate în formă de labă de elefant și piloți combinați oțel-beton, prezentînd datele de calcul și rezultatele încercărilor.

În raportul **233** *„Probleme privind liniile aeriene"*, H. Caillez și A. Tilloy (Franța) arată unele posibilități noi de realizare de soluții economice la liniile aeriene, ca de exemplu: folosirea cornierelor cu aripi subțiri la construcția stîlpilor metalici, folosirea stîlpilor ancorați și articulați, folosirea conductoarelor de almelec, mecanizarea lucrărilor etc.

J. Paschoud prezintă de asemenea *„Raportul asupra lucrărilor comitetului de studii nr. 7 stîlpi și masive de fundații"*, în calitate de președinte al acestui comitet. În acest raport se arată chestionarele transmise, răspunsurile primite, studiile și încercările efectuate în cadrul comitetului în problemele metodelor de calculul fundațiilor, tipurilor și noilor construcții de stîlpi, protecția contra coroziunii.

La această grupă au fost ascultate 36 intervenții făcute de congresiști din 10 țări diferite.

Prima serie de probleme puse în discuție de către raportorul special se referă la *fundații* cerîndu-se părerea specialiștilor asupra avantajelor tehnice și economice ale fundațiilor prefabricate, rezistenței terenului în cazul fundațiilor pe piloți prefabricați, efectului înfigerii piloților prin vibrare asupra solului și diferențelor intervenind la rezultatele diferitelor încercări de fundații pe piloți. Mai mulți vorbitori au prezentat tipuri de fundații prefabricate folosite în Canada, Germania și alte țări arătînd că aceste fundații necesită mecanizarea diferitelor operații și că avantajul lor economic depinde de condițiile specifice de climă, culturi agricole, densitate de populație, posibilități de aprovizionare cu agregate. Delegația sovietică a făcut o prezentare a fundațiilor prefabricate folosite în Uniunea Sovietică pe scară largă atît la liniile pe stîlpi de lemn cît și la liniile pe stîlpi metalici de 110, 220 și 500 kV, proiectînd apoi un film documentar care arată montarea piloților de beton pentru fundații prin vibrare cu ajutorul unei instalații speciale pe tractor. Un scurt film german a prezentat de asemenea montarea unor fundații prefabricate. Studiile și încercările făcute pe fundații arată încă o mare dispersie a rezultatelor, totuși se fac eforturi pentru crearea unei teorii armonioase de ansamblu în acest domeniu al mecanicei solurilor.

A doua serie de probleme puse în discuție se referă la *stîlpi* și anume la avantajul economic al stîlpilor din țevi și la încercarea stîlpilor. Participanții la discuții au fost de acord că folosirea țevilor aduce economii de metal, însă în ceea ce privește costul stîlpilor foarte mulți vorbitori au arătat că este mai mare. S-a afirmat de asemenea că există dificultăți de refacere a stratului de galvanizare după sudarea țevilor și că trebuie făcută galvanizarea și la interior, deoarece nu se poate garanta o etanșare totală a țevilor. Autorii raportului 221 au arătat la răspunsuri că stîlpii din țeavă după prețurile din Anglia sînt mai ieftini, că se obțin economii de metal de peste 25% și că la o economie de metal de 16% costul stîlpilor din țeavă este egal cu acela al stîlpilor din corniere. Experiența cu acești stîlpi în Anglia, în ceea ce privește galvanizarea și rezistența la coroziune este foarte bună.

În cadrul acestei grupe s-a vizionat un film documentar în culori, englez, asupra lucrărilor de construcție și montaj a traversării aeriene peste fluviul Severn din Anglia.

A treia problemă pusă în discuție este *acțiunea vîntului asupra liniilor* (raportul 225). Mai mulți vorbitori au arătat forma precisă și detaliată a rezultatelor măsurătorii presiunii vîntului pe conductoare și stîlpi. S-au exprimat și unele rezerve în ceea ce privește reducerea forțelor de calcul datorite vîntului care ar putea micșora siguranța în funcționare a liniilor și ar putea

provoca avarii, deci întreruperi în alimentarea cu energie electrică.

A patra serie de probleme luate în discuție se referă la *evoluția și orientarea tehnicii construcției liniilor de energie electrică* și anume influența utilizării cornierelor cu aripi subțiri și a oțelurilor de mare rezistență asupra comportării stîlpilor în special la sarcini dinamice, definirea gradului de siguranță al liniilor și măsura în care reducerea costului liniilor a afectat sau nu siguranța instalațiilor. Specialiștii care au intervenit în discuții au prezentat o serie de noi proiecte și realizări, cum ar fi stîlpi cu bază patrată cu fundație pe 3 picioare în loc de patru, generalizarea întrebuințării stîlpilor de colț cu izolatoare de susținere, stîlpi cu așezarea conductoarelor în triunghi pentru micșorarea terenului ocupat, elemente constructive de stîlpi din materii rășinoase etc. S-a enunțat părerea că stîlpul viitorului va avea console din materiale izolante, nu va avea izolatoare și conductoarele vor susține stîlpii. S-a relevat utilizarea mașinilor de calcul electronice pentru calculul stîlpilor, care se va generaliza în viitor. Utilizatorii cornierelor cu aripi subțiri și ai oțelurilor de mare rezistență au arătat că aceste măsuri care ușurează stîlpii, nu măresc fragilitatea lor, deoarece se stabilesc profilurile după curbele de flambaj ridicate în stații de încercări. O serie de vorbitori au discutat chestiunea coeficienților de siguranță, ținînd seama de valorile convenționale indicate de regulile oficiale și de valorile obținute din curbele de flambaj amintite. Aspectul economic al coeficienților de siguranță s-a discutat în cadrul grupei 23—24 o dată cu raportul 220.

Grupa 23—24. Linii aeriene. Vibrații

La această grupă s-au prezentat zece rapoarte purtînd numerele 202, 205, 217, 218, 220, 222, 223, 225, 226 și 233. De menționat că rapoartele 225 și 233 s-au dicutat sub unele aspecte ale problemelor tratate și în cadrul grupei 22.

În raportul **202** „*Cîteva probleme asupra caracteristicilor mecanice și a metodelor de tragerea conductoarelor în fascicole*" de I. T a k e i, K. H a y a s h i și Y. S a t o (Japonia) se tratează metodele de tragere a conductoarelor folosite pe linia cu fascicole de conductoare Nishi-Tokyo (Japonia) construită în 1951 pe stîlpi dimensionați pentru 275 kV dar exploatați la 154 kV și rezultatele unor studii și experiențe pe linii cu fascicole de conductoare privind suprasarcinile de chiciură, solicitările la scurtcircuit, înfășurarea accidentală a conductoarelor din fascicol, încercările unor prototipuri de piese de distanță și de dispozitive de amortizare a vibrațiilor. De menționat că, la trecerea liniei de la conductoare simple existente la fascicole, s-au evitat săgeți diferite datorite alungirii permanente a conductoarelor existente, prin metoda preîntinderii conductoarelor noi. De asemenea la tragerea simultană a conductoarelor fascicolului este necesară o tratare îngrijită a conductoarelor pentru a evita efectul Corona.

Raportul **205** „*Clemă de susținere pentru conductoarele liniilor aeriene de transport*" de A. V i n j a r (Norvegia) examinează diferitele caracteristici ale clemei de susținere, ca de exemplu lungimea patului și nivelul axei de articulare în legătură cu solicitările la oboseală ale materialelor conductorului supus la vibrații. Comportarea diferitelor tipuri de cleme a fost observată și înregistrată pe o linie reală de 220 kV supusă la vibrații naturale. Autorul dezvoltă apoi o teorie asupra acestor fenomene.

W. L e i b f r i e d și H. M o r s (Germania) tratează în raportul **209** „*Comportarea mecanică a conductoarelor în fascicol și simple. Noile măsurători efectuate la stația de încercări de la Hornisgrinde*". Acest raport a fost prezentat în numele Comitetului de Studii Nr. 6 (Linii aeriene). La stația amintită s-a încercat comportarea mecanică la vînt, chiciură, vibrații și salturi a unui fascicol dublu orizontal, a unui fascicol dublu vertical și a două conductoare simple.

În raportul **217** „*Rezultate practice ale încercărilor la scurtcircuite întreprinse asupra conductoarelor de oțel-aluminiu*", G. D i e n n e și R. D e t e r m e (Belgia) arată reducerea rezistenței mecanice a conductoarelor în urma încălzirii provocate de scurtcircuite și prezintă diagrame pentru verificarea conductoarelor la aceste solicitări. Se menționează că prescripțiile romînești nu prevăd verificarea conductoarelor liniilor aeriene la stabilitate termică la scurtcircuite și că este totuși necesar să se facă această verificare pe porțiunile de linii unde curenții de scurtcircuit au valori foarte mari.

Raportul **218** „*Detectarea îmbinărilor defectuoase ale conductoarelor cu ajutorul unui detector cu infraroșii*" de W. F u r k e r t, H. G ä r t n e r și G. G r a v e (Germania) prezintă un aparat care măsoară de la distanță energia radiată în infraroșu de o îmbinare defectă de conductoare și arată avantajele și domeniul de utilizare a acestui procedeu, precum și rezultatele experimentării sale pe un cîmp de încercări în aer liber.

În raportul **220**. „*Studiu asupra determinării coeficienților economici de siguranță ai liniilor electrice aeriene*" E. C o n s t a n t i n e s c u și N. B o r z a pornind de la probabilitatea de apariție a anumitor forțe și de la variația caracteristicilor mecanice ale elementelor constructive ale liniilor, arată o nouă metodă de determinare a coeficienților de siguranță, prin considerarea cheltuielilor minime efectuate pentru linie în cursul existenței sale. În aceste cheltuieli trebuie luate în considerare nu numai cheltuielile de investiție ci și cheltuielile de

întreținere și de reparație, datorite avariilor suferite de lucrări în cursul duratei totale a liniilor.

Raportul **222** „*Contribuție la studiul modelelor reduse în domeniul liniilor aeriene de înaltă tensiune*" de L. P a r i s (Italia) trece în revistă mai întîi modelele mecanice ale liniilor pentru studiul fenomenelor dinamice și tratează apoi modelele stîlpilor cu zăbrele pentru încercări la rupere. Se dau rezultatele încercărilor pe modele comparate cu cele ale încercărilor la mărime naturală.

O. D. Z e t t e r h o l m tratează într-un raport asupra lucrărilor Comitetului de Studii internațional Nr. 6 : „*Conductoare neizolate și calculul mecanic al liniilor aeriene*" (**223**) unele probleme ale calculului liniilor și comportării lor în exploatare abordate de comitetul de studii menționat. Pe baza unei vaste anchete pentru studiul mărimii așa numite „every day stress" (valoarea medie cea mai frecventă a tracțiunii în conductor exprimată în procente din sarcina de rupere) se recomandă o gamă de valori ale acestei mărimi, propuse a se adopta în funcție de diferite feluri de conductoare și de echipamente diferite de suspendare și de protejare a conductoarelor contra vibrațiilor.

Raportul **227** poartă titlul „*Stricăciunile provocate de către vibrații conductoarelor active și de protecție la cîteva linii de transport suedeze*" ; autorii lui sînt H. B o v a l l i u s, T. P e r s s o n și V. S a n d s t r ö m.

Conținutul rapoartelor 225 și 233 a fost prezentat în cadrul grupei 22 — Stîlpi și masive de fundații.

La discutarea acestei grupe de rapoarte au participat 41 congresiști din 16 țări diferite.

Prima problemă pusă în discuție de către raportorul special L. M a g g i (Italia) a fost aceea a *mărimii „every day stress"* (rapoartele 205, 223, 227 și 233) cerîndu-se congresiștilor să-și spună părerea asupra valorilor recomandate de comitetul de studii, asupra oportunității tehnice și economice a unei stații de încercări la vibrații și să comunice observațiile lor asupra stricăciunilor provocate de vibrații. Din informațiile prezentate de autori rezultă că ruperile de fire în conductoare provocate de vibrații se multiplică și se pare că pericolul avariilor crește nu numai cu tracțiunea mecanică, ci și cu secțiunea conductoarelor. Unele linii prevăzute cu conductoare de amortizare (Armor Rods) nu sînt de asemenea lipsite de avarii. S-a arătat printre altele că intensitatea vibrațiilor depinde, în afară de tracțiunea medie, de condițiile meteorologice, de condițiile de teren locale și de compunerea secțiunii conductorului. Mai mulți vorbitori au insistat asupra uniformizării încercărilor de vibrații pe linii existente și asupra strîngerii de date statistice de exploatare cît mai numeroase. Dificultatea de a detecta defectele datorite vibrațiilor se datorește lipsei unui aparat, care să indice starea conductoarelor în interiorul clemelor, fără a se scoate linia de sub tensiune.

A doua problemă prezentată spre discutare în raportul special este aceea *a coeficienților economici de siguranță*, studiată în raportul romînesc 220. Raportorul special a apreciat raportul romînesc ca o foarte interesantă încercare de determinare a coeficienților de siguranță ai liniilor, pe baza probabilității de apariție a forțelor care solicită linia și a cheltuielilor minime pe tot timpul existenței liniei, afirmînd în același timp că nu s-a luat în considerare caracterul aleatoriu al rezistenței materialelor și al erorilor de calcul și montaj. Delegatul romîn. P. M i l i t a r u, care a luat cuvîntul, a arătat că funcția $R(p)$ a metodei de calcul conține coeficienți variabili ținînd seama de calitatea materialelor, de toleranțele de dimensiuni și de comportarea specifică a liniei în comparație cu alte construcții. În continuare s-au prezentat avantajele metodei pentru fixarea științifică a valorilor coeficienților de siguranță și căile pentru dezvoltarea și aplicarea metodei propuse. Alți vorbitori au făcut unele observații asupra curbelor de probabilitate luate în considerare în studiu, au arătat dificultățile de aplicare a unei astfel de metode, subliniind în același timp interesul pe care-l prezintă și necesitatea de a continua precizarea și concretizarea metodei prin strîngerea de date statistice. C a b a n e s a arătat cum s-a reușit în Franța să se reducă forțele de calcul la vînt ale liniilor organizîndu-se măsurarea forțelor pe linii existente și culegîndu-se un bogat material statistic. În concluzie președintele ședinței O. Z e t t e r h o l m a afirmat că problema coeficienților de siguranță economici trebuie reținută ca o problemă de studiu pentru comitetele Nr. 6 și 7.

A treia serie de probleme propusă spre discutare se referă la *conductoarele fasciculare, în legătură cu forța de calcul la ruperea unui conductor*, (raport 202) *forța vîntului, și sarcina de chiciură pe diferite configurații de conductoare* (rapoarte 202, 205, 225, 233), *așezarea conductoarelor în fascicol orizontal sau vertical, informații asupra pieselor de distanță* (rapoartele 202, 209, 225, 233), *tragerea conductoarelor fasciculare* (raport 202). Cîțiva vorbitori au prezentat observații asupra sarcinilor de chiciură pe conductoare fasciculare, repartiția curentului pe conductoarele unei faze și tipuri constructive de piese de distanță din Franța, Canada și Suedia. Lungimile de linie pe care s-au făcut aceste constatări fiind mici nu s-au putut trage concluzii cu valabilitate internațională.

A patra serie de probleme puse în discuție se refeă la *conductoare* și anume la *normalizarea internațională a diagramelor efort-deformație pentru conductoarele de aluminiu și oțel-aluminiu*, la raportul dintre aluminiu și oțel la viitoa-

rele conductoare de oțel-aluminiu, la cercetări experimentale și teoretice asupra curgerii și îmbătrînirii materialelor pentru conductoare și la caracteristicile conductoarelor de oțel trefilate după galvanizare. În discuțiile purtate s-au prezentat rezultate ale unor calcule mecanice de conductoare bazate pe proprietăți fizice reale, date asupra curgerii conductoarelor, un aparat pentru calculul mecanic al conductoarelor. Cîțiva vorbitori au afirmat că este mai economic să se întrebuințeze la aceeași secțiune totală un conductor unic de diametru mare, decît mai multe conductoare în fascicol și au arătat experiențe făcute în diferite țări cu astfel de conductoare avînd diametre de la 40 la 50 mm și secțiuni de la 1 000 la 1 200 mm².

Firma Petersen-Engineering Co din Statele Unite a prezentat congresiștilor un interesant film documentar asupra mașinilor și dispozitivelor mecanice folosite pentru săparea gropilor, montarea stîlpilor și derularea conductoarelor.

Ultima serie de probleme se referă la *cleme, în legătură cu încălzirea acestora și cu limitarea curentului în conductor datorită acestei încălziri* (rapoartele 217 și 218). Mai mulți vorbitori au prezentat aparate pentru încercarea clemelor de înnădire și au făcut unele observații asupra rapoartelor. S-au arătat unele măsuri suplimentare care se iau în rețeaua belgiană la montarea conductoarelor și armăturilor, date fiind valorile foarte mari ale curenților de scurtcircuit din această rețea.

Grupa 31. **Protecție și relee**

Deoarece ultima reuniune a grupei 31 a avut loc la sesiunea din 1956, în sesiunea 1960 s-au discutat pe lîngă rapoartele prezentate la sesiunea din 1960 și rapoartele grupelor de studiu care s-au ținut la Londra în 1957 și Nürenberg în 1959.

La sesiunea 1960 s-au prezentat 14 rapoarte, plus 5 atașate de la alte grupe, cuprinzînd următoarele probleme principale:

Raportul grupei internaționale de studiu Protecție și Relee (*334*) prezintă următoarele probleme desbătute cu ocazia celei de a 5-a sesiuni a acestei grupe de studiu.

— *Tensiunea de arc și felul cum influențează asupra protecției de distanță*, dîndu-se rezultate de încercări care au avut ca scop principal măsura duratei de deionizare.

— *Protecția marilor transformatoare* (*334*, anexă, Sterner — Suedia) în care se examinează eficacitatea protecției Buchholtz la defecte mari, utilizarea releelor cu gaze în SUA și Canada, protecția diferențială și măsura în care aceasta poate fi evitată.

— *Protecția de rezervă* (*334*, anexă, Warrington — Anglia), arătîndu-se că siguranța la declanșare poate fi asigurată cu ajutorul unei presiuni puternice a contactelor, protecția pentru elemente depărtate este recomandabilă din punct de vedere al siguranței. În cazul că nu poate fi realizată, este indicată o protecție selectivă locală a releelor și întrerupătoarelor. Aceasta depinde de importanța circuitului protejat. Alimentarea cu tensiune alternativă trebue prevăzută cu alarmă temporizată, iar releele de distanță trebuie prevăzute cu relee de control pentru curent maxim sau derivata lui, în conformitate cu caracteristicile rețelei.

— *Funcționarea protecției de distanță cu selecționarea de faze, în caz de defecte evolutive*, prin aceasta înțelegîndu-se acele defecte ce se schimbă în perioada dintre început și dispariția lui (*334*, anexă Edgley — Australia). Aceste defecte sînt mult mai răspîndite decît se presupunea inițial, de unde apare necesitatea răspîndirii pe o scară mai mare a oscilografelor automate, pentru cunoașterea lor mai exactă.

— *Comportarea releelor direcționale* [*în cazul regimului direcțional* a făcut obiectul unei anchete pe scară internațională (*334*, anexa, Mihăileanu — R.P. Romînă). Se constată diversitatea mare a releelor direcționale utilizate în prezent în lume, arătîndu-se tendințele generale. Din partea exploatării nu se consideră că ar fi dificultăți evidente în privința comportării releelor direcționale.

— Se arată *rezultatele obținute în URSS prin utilizarea releelor tranzistorizate pentru protecția de distanță, protecția prin curenți purtători și protecția diferențială* (*327* Feodoseev, Ivanov, etc. — URSS). Se arată posibilitatea utilizării semiconductoarelor nu numai pentru elemente principale, ci și pentru partea logică (fără contacte) a protecției. Pe lîngă că funcționarea releelor e practic independentă de caracteristicile semiconductoarelor — dimensiunile lor se reduc de 6—8 ori, iar consumul de 3—5 ori. Un asemenea procedeu este utilizat și pentru protecția prin comparație de fază (*319* Marchal, Vasquez — Belgia).

— *Influența transformatoarelor de măsură asupra comportării protecțiilor* este examinată sub aspectul fenomenelor tranzitorii în caz de defect sau declanșare ca rezultat al utilizării condensatoarelor de cuplaj pentru alimentarea circuitelor de tensiune, și a comportării transformatoarelor de curent la curenți asimetrici. Se formulează anumite recomandări pentru primul caz (*318* Gertsch — Elveția) și *indicații asupra proiectării releelor de protecție în* al doilea caz (*329* Hodgkiss — Anglia).

— *Protecția transformatoarelor este posibilă din punctul de vedere al funcționării releului Buchholtz* (*321* Baleriaux, Brohet — — Belgia).

— *Funcționarea protecțiilor în anumite cazuri particulare este arătată pentru o linie lungă echipată cu condensatoare serie și relee de distanță* (*303* Bennetot, etc. — Maroc) și pentru

rețea de cabluri extinsă, echipată cu bobine de stingere (*301* Colding — Suedia).

— *Protecția serviciilor interne ale centralelor* este arătată sub aspectul protecției bloc cazan — — turbină — generator — transformator (*312* Bauman, etc. — S.U.A.), al simplificării circuitelor ținînd seama de numărul mic de avarii, reluarea din mers a alimentării care face să fie acceptată de exploatarea și alimentarea serviciilor interne dela un transformator la bornele generatorului și de la un transformator de servicii generale. Grupurile auxiliare par să fie mai puțin utilizate.

— O contribuție importantă la *problema comportării releului de distanță pentru diverse cazuri de defect în funcție de regimul rețelei înainte de defect* (*323* Zydanovici — Polonia) și *o teorie matematică a filtrelor utilizate* (*305* Zlatev etc. — Bulgaria) completează studiile teoretice.

Din discuții și rapoarte au rezultat următoarele concluzii generale:

Introducerea semiconductoarelor în dispozitivele de protecție. Faza de încercări în laborator fiind depășită, dispozitivele respective au fost introduse în experiență pe viu în rețea, cu rezultate satisfăcătoare. Influența variațiilor de temperatură pare să pună încă probleme. Avantajele utilizării lor sînt mari, atît din punct de vedere al consumului cît și al dimensiunilor. Prin aceasta se reduc puterile în gama de precizie respectivă a transformatoarelor de curent și tensiune. Pentru transformatoarele de curent s-ar putea pune problema suprimării miezului de fier, ceeace elimină problemele de saturație.

Influența transformatoarelor de măsură asupra comportării protecțiilor. S-a discutat problema influenței regimurilor tranzitorii proprii divizorilor de tensiune capacitivi asupra protecțiilor, constatîndu-se că se cunosc măsurile ce trebuesc luate în vederea amortizării suficient de rapide a oscilațiilor tranzitorii, pentru a nu provoca funcționări incorecte ale protecțiilor. Ele au fost stabilite în diverse țări, cu rezultate în exploatare satisfăcătoare.

În privința comportării transformatoarelor de curent impuse la curenți primari asimetrici, s-au constat funcționări incorecte ale protecției datorită acestui fapt. În afara temporizărilor, s-a propus utilizarea rezistențelor de stabilizare, pentru care s-au făcut justificări teoretice și experimentale.

Protecția transformatoarelor. S-a constatat că releele Buchholz funcționează corect dacă se iau precauții împotriva vibrațiilor și a sensibilității prea mari a releelor.

Funcționarea protecțiilor în anumite cazuri particulare. S-a discutat influența undelor tranzitorii în cazul defectelor de punere la pămînt în rețelele de cabluri asupra protecțiilor sensibile la mărimile homopolare. Deoarece acestea pot să dureze cîteva secunde cînd neutrul este pus la pămînt prin bobine și rezistențe, pentru a evita funcționarea defectuoasă a releelor în timpul fenomenelor oscilatorii, acestea trebuesc alese cu grije în privința elementelor de măsură, atît ca inerție cît și ca amortizare.

În privința protecției prin relee de distanță a liniilor lungi echipate cu condensatoare serie, se atrage atenția că acestea trebuiesc alese cu grijă.

Protecția serviciilor interne ale centralelor. Protecția totală a blocurilor cazan — turbină — alternator — transformator și alegerea modului de alimentare a serviciilor auxiliare nu au primit un răspuns definitiv, datorită condițiilor de exploatare foarte diferite și complexității problemei.

Funcționarea protecțiilor de distanță și de rezervă. Diversele studii și completări arată măsurile pentru asigurarea eliminării defectelor în toate cazurile posibile de exploatare, asigurîndu-se rapiditatea necesară și reducerea la minimum a repercusiunilor asupra calității serviciului. Se merge pînă la dublarea echipamentului de protecție pentru rețele de mare importanță. În privința protecțiilor de distanță, s-a constatat că în rețelele avînd puteri de scurt circuit mici, rezistența arcului e mai mare, ceeace poate duce la perturbarea funcționării protecției respective.

Probleme teoretice legate de concepția și funcționarea protecției. S-a urmărit punerea la punct a unor metode generale de determinare a caracteristicilor de funcționare a releelor complexe în diverse cazuri de defect.

Grupa 33. Supratensiuni și trăznet

La această grupă s-au prezentat trei rapoarte purtînd numerele *314*, *314* bis și *317*. S-au discutat de asemenea părți din rapoartele *101* (grupa 13), *131*, partea doua (grupa 11), *330* (grupa 33) și 416 (grupa 42) care tratează probleme de supratensiuni și trăznet.

„*Raportul asupra lucrărilor Comitetului de studii ale trăznetului și supratensiunilor*" (nr. 8) prezentat de H. Baatz, are numărul *314* și cuprinde trei studii anexă. R. H. Golde semnează studiul din anexa I „*Măsurarea amplitudinilor curentului de trăznet*", în care sînt trecute în revistă măsurătorile efectuate cu sonde feromagnetice și factorii care intervin la evaluarea amplitudinilor curentului de trăznet prin acest mijloc. Anexa II este studiul lui P. G. Provoost „*Efectul de protecție asigurat prin conductoarele de protecție aeriene*", care enumeră pe scurt cele mai importante publicații asupra eficacității conductoarelor de protecție, compară rezultatele diferitelor încercări pe modele, trece în revistă metodele de calcul și prezintă rezultatele experimentale obținute pe linii aeriene existente în URSS, SUA și Germania. „*Solicitări de supratensiune în stațiile*

conectate prin cabluri la linii aeriene" este titlul anexei III întocmită de W. Waste, în care se face o sinteză a metodelor de calcul teoretice şi pe modele al amortizării undelor la trecerea prin cablu şi al amplitudinilor supratensiunilor care apar.

Raportul *314 bis* intitulat „*Suplimente la raportul 314 al Comitetului de studii nr. 8 (trăznet şi supratensiuni)*" cuprinde două studii tratînd supratensiunile care apar în staţiile conectate prin cabluri şi protecţia staţiilor contra supratensiunilor prin porţiuni de cablu. G. Ban şi P. Ignacz în primul studiu „*Supratensiuni care apar în staţii conectate prin cablu, în funcţie de diferiţi parametri*" prezintă rezultatele măsurătorilor efectuate pe un model imitînd reţeaua, construit la Institutul de cercetări electrotehnice din Budapesta.

Al doilea studiu semnat de I. Irku şi R. Gert este intitulat „*Protecţia contra supratensiunilor a staţiilor conectate prin cablu*". Autorii comunică rezultatele cercetărilor care au condus la elaborarea unor reguli tehnice de protecţie în Cehoslovacia, cercetări făcute prin calcule combinate cu încercări pe un analizor de regimuri tranzitorii, ca şi pe circuite reale cu ajutorul unui sincronigraf.

În raportul *317* „*Măsurători şi calcule ale supratensiunilor dinamice în caz de declanşare a sarcinilor*" M. Iaczewski şi Z. Skoczynski (R. P. Polonă) expun rezultatele măsurătorilor de supratensiuni, ce apar la variaţii rapide de sarcină, în reţele de 6—20 kV şi descriu o metodă de calcul care dă rezultate foarte apropiate de rezultatele măsurătorilor.

„*Rezultatele măsurătorilor cu contorul de loviturі de trăznet efectuate în Suedia, Norvegia şi Finlanda*" este intitulat raportul *330* întocmit de D. Müller—Hillebrand (Suedia), O. Iohansen (Norvegia) şi E. Saraoja (Finlanda).

Prima serie de probleme puse în discuţie se referă la *caracteristicile descărcării trăznetului şi la efectul său asupra conductoarelor de protecţie ale liniilor aeriene* (rapoartele 314 anexele I şi II, 330). Mai mulţi vorbitori care au luat cuvîntul au dat rezultatele măsurătorilor efectuate în diferite ţări, asupra curenţilor de trăznet, au descris aparate de măsură utilizate în acest scop şi au exprimat diferite păreri asupra protecţiei oferite de conductoarele de protecţie. S-a arătat că eficacitatea conductoarelor de protecţie depinde printre altele de configuraţia terenului. Astfel în Finlanda la traversarea marilor păduri, liniile fără conductoare de protecţie au o comportare mai bună, deoarece liniile cu conductoare de protecţie necesită stîlpi mai înalţi, ceea ce măreşte vulnerabilitatea lor în raport cu copacii.

A doua serie de probleme discutate este *protecţia staţiilor conectate la linii aeriene prin porţiuni de cablu* pe baza rapoartelor 314, anexa III şi suplimentelor 314 bis.

Numai trei delegaţi au participat la discuţii. După cîteva comentarii generale, s-au făcut unele recomandări. Din discuţii a rezultat că problema este stăpînită în ceea ce priveşte liniile de foarte înaltă tensiune şi că trebuie să se întreprindă studii suplimentare pentru linii de tensiuni medii mai mici de 40 kV şi în special pentru linii fără conductoare de protecţie.

A treia serie de probleme pusă în discuţie, cuprinde *supratensiunile de comutaţie* (rapoartele 101, 301, 317). În cursul discuţiilor s-au făcut unele precizări asupra acestor fenomene şi s-a subliniat în acelaşi timp necesitatea de a se mări numărul măsurătorilor.

Tehnica măsurătorilor undelor de impuls a fost ultima problemă luată în discuţie (raportul 131, partea doua). Delegaţii, care au luat cuvîntul, au prezentat un nou aparat de măsură, au dat unele lămuriri asupra acestei tehnici şi au arătat precauţiile necesare, pentru a obţine rezultate bune în măsurători. Un eclator cu aer comprimat tinde să devină aparatul standardizat de măsură în acest domeniu.

Grupa 42. Reţele peste 220 kV

La această grupă s-au prezentat 12 rapoarte. O serie de probleme tratate în rapoartele 139 (grupa 12), 209 (grupa 23—24), 324 (grupa 32), 403 şi 404 (grupa 43) făcînd obiectul grupei 42 au fost discutate în cadrul acestei grupe.

În raportul **401** avînd titlul „*Reţeaua australiană de transport de* 330 kV", I. G. Thornton şi W. Diesendorf (Australia) prezintă unele caracteristici mai puţin obişnuite ale reţelei australiene de 330 kV, pusă recent parţial în funcţiune, precum şi încercările de dare în exploatare.

Raportul **402** „*Zgomotul corona la foarte înaltă tensiune în Japonia*" de T. Yamada şi H. Kondo (Japonia) descrie rezultatele studiilor şi încercărilor, asupra perturbaţiilor radiofonice datorite fenomenului corona. Pe baza studiilor efectuate pe linii existente de 275 kV şi pe linii experimentale de foarte înaltă tensiune s-a stabilit o metodă de evaluare a nivelului zgomotelor corona.

În raportul **405** intitulat „*Întrebuinţarea barelor colectoare în inel în reţeaua finlandeză de* 400 kV", L. Nevanlinna şi E. O. Lybeck (Finlanda) arată consideraţiile care au condus la adoptarea pentru staţiile reţelei de 400 kV finlandeze a sistemului de bare în inel, în varianta sa cea mai simplă bară în V şi încheie cu caracteristicile acestui sistem de bare, prezentînd avantajele şi dezavantajele lui.

P. A. Abetti (Statele Unite) prezintă în raportul **406** „*Proiect de electrificare la foarte înaltă tensiune*" o linie experimentală de 650 kV executată în vederea rezolvării unor probleme de transport de energie la foarte înaltă

tensiune. Un sistem automat și aritmetic de obținere și prelucrare a datelor înregistrează și analizează pe an un număr de 12 milioane informații experimentale electrice, mecanice și meteorologice.

„*Rețelele de transport de energie de* **345 kV** *ale societăților American Electric Power Company și Ohio Valley Electric Corporation*" se intitulează raportul **407** întocmit de F. M. Porter și H. P. St. Clair (SUA). Autorii tratează experiența satisfăcătoare de exploatare a rețelei, ocupîndu-se în special de următoarele probleme: funcționarea dispozitivelor de reanclanșare, metoda întreținerii sub tensiune, supratensiunile de comutație, perturbațiile radiofonice și altele.

I. G. Cassan și N. I. Mc Murtrie (Canada) prezintă în raportul **408** „*Linia experimentală* de 600 kV *de la Coldwater*". Autorii descriu stația experimentală de înaltă tensiune construită pentru a se studia perturbațiile radiofonice și caracteristicile pierderilor corona pentru diferite așezări ale conductoarelor în fascicol.

R. Bartenstein (Germania) se ocupă în raportul **409** cu „*Predeterminarea nivelului perturbațiilor de înaltă frecvență*" ale liniilor de transport de înaltă tensiune. Cercetări pe linii de înaltă tensiune experimentale și în exploatare au permis autorilor să definească cantitatea de perturbații, să studieze factorii care influențează această cantitate și să stabilească corelația dintre gradientul cîmpului la suprafața conductorului și intensitatea cîmpului perturbator.

G. Boll, R. Deppe, M. Erich, H. I. Holstein, Chr. Kneller, R. Meister, I. Richter, H. Roser, H. Weber, L. Wollf arată în raportul **410**. „*Considerații tehnice asupra transportului în curent trifazat la tensiuni mai mari de* 380 kV *în Germania*" rezultatele unor studii tehnico-economice.

În raportul **412** „*Cîteva probleme puse de transportul energiei la mare distanță în URSS*", A. B. Krikuntcik, S. S. Rokotian, I. A. Iakub analizează rezultatele obținute în exploatare pe măsura ameliorărilor ulterioare ale primei linii sovietice de transport de energie de 400 kV Kuibîșev — Moscova.

Autorii descriu de asemenea instalația de condensatoare serie pusă în funcțiune pe această linie în 1958 și dau cîteva informații asupra liniilor de transport de 500 kV Kuibîșev — Ural și Stalingrad — Moscova și examinează problemele de construcție ale rețelelor de transport de 330 kV în Uniunea Sovietică.

Raportul **413** „*Studii ale efectului corona pe liniile aeriene de foarte înaltă tensiune*" de V. V. Burgsdorf, L. V. Egorova, N. P. Emelianov, N. N. Tihodeev (URSS) prezintă rezultatele studiilor experimentale ale pierderilor corona, efectuate pe linii experimentale și pe linii în exploatare. În raport se descriu montajele de măsură utilizate și se propun caracteristici generalizate pentru a calcula pierderile corona în diferite condiții atmosferice. În sfîrșit se arată valorile tipice ale pierderilor pentru linii de 330—500 kV, ca și rezultatele măsurătorilor zgomotului radioelectric și ale perturbațiilor induse în circuitele de telecomunicații de înaltă frecvență.

Raportul **416** „*Raport asupra lucrărilor Comitetului de studii ale transportului prin curent alternativ de foarte înaltă tensiune*" a fost întocmit de Ph. Sporn, F. Cahen și M. Magnien și tratează interesul economic al tensiunilor egale sau mai mari de 380 kV, studiul supratensiunilor interne pe rețelele de foarte înaltă tensiune, transpunerile pe liniile de transport de energie și problema chiciurii și a vibrațiilor mecanice pe liniile de foarte înaltă tensiune. Trei rapoarte elaborate de diferiți membri ai Comitetului urmează acestui raport general și dau informații culese din diferite țări pe baza unor anchete special organizate. M. W. Casson prezintă „*Comportarea în exploatare a liniilor de tensiune mai mare de* 225 kV", pe baza informațiilor obținute în 7 țări asupra comportării unor astfel de linii. Se prezintă statistica defectelor, corelația dintre frecvența defectelor și nivelul izokeraunic și comportarea reanclanșării automate. „*Raportul grupei de lucru asupra perturbațiilor radiofonice*" întocmit de R. Pelissier, W. S. Price, R. Bartenstein, M. Magnien și I. E. Forest se ocupă de măsurătorile cîmpului parazit în vecinătatea liniilor și metodele de predeterminare a cîmpului parazit al unei linii în proiect. F. Cahen și M. Magnien prezintă într-un raport „*Caracteristicile și costul liniilor de tensiuni mai mari de* 225 kV" pe baza răspunsurilor la un chestionar primite din diferite țări și se referă la 25 linii noi construite după penultima sesiune CIGRÉ din 1958.

Raportul **416 bis** „*Documentele anexe la raportul 416 al Comitetului de studii nr. 9*" cuprinde trei studii. Primul studiu întocmit de Ph. Sporn și H. P. St. Clair se intitulează „*Propunere pentru o normalizare pe scară internațională a tensiunilor foarte înalte pentru transportul energiei*". P. Ailleret semnează celelalte două studii avînd titlurile „*Pentru o luare de cunoștință a riscului dezordinii mondiale în domeniul tensiunilor foarte înalte*" și „*Consecința economică a unei abateri a tensiunii față de tensiunea optimă*".

Prima problemă pusă în discuție de către raportul special F. Cahen a fost alegerea treptelor de tensiune peste 220 kV pe marginea rapoartelor 416 și 416 bis. Ph. Sporn și

H. P. St. Clair au propus una din seriile 138, 345 kV (cu varianta europeană 400 kV) sau 230, 500 kV urmînd ca treapta superioară să fie 690 sau mai bine 750 kV. Propunerea Ailleret, care ține seama de normalizările anterioare ale Comisiei Electrotehnice Internaționale, este următoarea:

220—230 kV nominal, 245 kV maxim
275—287 kV nominal, 300 kV maxim
380—400 kV nominal, 420 kV maxim
600—690 kV nominal, 735 kV maxim

Se menționează că URSS a hotărît ca primele linii construite pentru 400 kV să fie trecute treptat la 500 kV nominal (525 kV tensiune maximă), iar noile linii să fie construite de la început pentru 500 kV. În afară de aceasta liniile de 220 kV urmează să fie treptat transformate și trecute la tensiunea nominală de 330 kV (347 kV maxim). Cei 10 delegați, care au luat cuvîntul, au arătat dificultățile de normalizare a tensiunilor mai mari de 400 kV, subliniind faptul că fiecare țară mare își produce singură echipamentele necesare și susținînd una sau alta din scările de tensiune. Tov. Ing. A. Georgescu — conducătorul delegației romîne — a luat de asemenea cuvîntul, arătînd că din scara tensiunilor normalizate nu poate lipsi tensiunea de 400 kV și prezentînd cu această ocazie linia de 400 kV, prin care se va realiza interconexiunea sistemelor energetice din țara noastră și R.S. Cehoslovacă.

La punctul următor s-au discutat problemele transportului la tensiuni foarte înalte și la mare distanță și anume: întrebuințarea condensatoarelor-serie, folosirea reanclanșării automate monofazate sau trifazate, stabilitatea statică și dinamică și importanța reglării excitației generatoarelor, pe baza rapoartelor 324, 401, 405, 407, 412 și 139. La acest punct au participat la discuții 11 delegați.

S-au relevat rezultatele favorabile în exploatare ale condensatoarelor-serie, menționîndu-se totuși că adoptarea mijloacelor de mărire a stabilității trebuie să se bazeze pe studii tehnice și economice. În problema reanclanșării automate, toți vorbitorii au prezentat marile avantaje ale procedeului, discutîndu-se reducerea timpului mort înainte de reanclanșare, siguranța în funcționare a aparatajului și criteriile de adoptare a reanclanșării monofazate sau trifazate. Deși cheltuielile suplimentare pentru reanclanșarea monofazată sînt relativ mici, reanclanșarea monofazată este justificată pentru linii radiale și pentru o rețea nebuclată.

La problema a treia discutată asupra exploatării rețelelor de tensiune foarte înaltă au luat cuvîntul șase delegați. Discuțiile s-au purtat asupra anexei 1 a raportului **416**. S-au adus obiecțiuni asupra criteriului indicele keraunic așa cum a fost definit în studiul de mai sus (anexa 1 la raportul 416). Unii vorbitori au afirmat necesitatea prevederii de conductoare de protecție la linii, iar un altul a arătat că dată fiind siguranța aparatajului modern pentru eliminarea defectelor provocate de trăznete conductoarele de protecție nu sînt necesare, fiind ele însești surse de defecte.

A patra problemă pusă în discuție a fost aceea a efectului corona și a pierderilor și perturbațiilor radiofonice provocate de aceste fenomene. La discuții au luat parte 10 vorbitori. Pierderile prin efect corona au un efect economic, însă perturbațiile radiofonice interesează toate liniile. Studiile teoretice și cercetările experimentale nu au permis să se elaboreze o metodă de calcul precisă de predeterminare a acestor perturbații, însă progresele mari realizate vor conduce în curînd la rezultate pozitive.

Grupa 43. Transportul în curent continuu

În cele 12 rapoarte, precum și în discuții s-au scos în evidență realizările obținute pînă în prezent, problema valvelor, a izolării aparatajului din linii și stații, efectul corona, influența asupra rețelei de curent alternativ, perturbațiile radioelectrice. S-a văzut că interesul pentru transportul în curent continuu crește, datorită avantajelor oferite pentru transport la mare distanță.

Din rapoartele prezentate extragem următoarele probleme:

— Comitetul de Studii nr. 10 (**417**) prezintă *continuarea discuțiilor în problemele enunțate la sesiunea din 1950 și a celor ivite între timp*, cum sînt *compensarea de fază* și *sistemele de control*. Se arată stadiul actual de realizări și de studii. În anexe se discută *problema redresoarelor și ondulatoarelor* (Lamm), *armonicele* (Schulze), *compensarea puterii reactive* (Stalevski), *izolație și supratensiuni* (Smedsfelt), *coroziunea* (Gosden) și *comanda rețelelor* (Lamm).

— Se prezintă *transportul de energie în curent continuu* la 800 kV *Stalingrad — Donbass* (**414**) Groiss, Posse, Tureţki — URSS). După descrierea schemei, regimurile de funcționare, nivelul izolației, se analizează în detaliu problema supratensiunilor. Se arată marele avantaj al transportului în curent continuu din punct de vedere al reglajului puterii pe liniile de interconexiuni între sistemele energetice.

— Se prezintă *posibilitățile analizei rețelei în care există o legătură în curent continuu pe analizoarele de rețea* (**404** Uhlmann — Suedia).

— Se *compară izolatoarele de curent continuu cu cele de curent alternativ* (**403** Witt — Suedia).

— Se prezintă unele aspecte ale *legăturii de curent continuu Franța — Anglia* (**415** Martin, Prewett, Cherry etc. — Anglia, Sallard etc. — Franța).

În cursul discuțiilor s-au mai ridicat următoarele probleme :

— În afară de legăturile existente în curent continuu, în anul 1961 va fi pusă în funcțiune probabil legătura Franța — Anglia de ± 150 kV, 100 MW. Vor apărea asemenea legături în Italia, Canada, Venezuela, Noua Zeelandă etc. Laboratoare au apărut în Anglia, Franța, Japonia.

— În cei 5 ani de exploatare, pe linia Suedia-Gotland au avut loc 15 avarii, majoritatea la divizoarele de tensiune. Prin înlocuirea acestora cu unele de construcție nouă utilizînd material plastic, în anul 1960 a avut loc o singură avarie.

— Experiența cîștigată în instalația experimentală Kașira — Moscova (110 km, 200 kV, 30 MW) a fost folosită la proiectarea transportului Stalingrad — Donbass (475 km, 800 kV, 750 MW). Perturbațiile radioelectrice din instalația experimentală au depășit nivelul admis, pe o distanță de cca. 10 km în afară de Moscova. De asemenea s-au constatat supratensiuni la întreruperi de redresoare, ceea ce a dus la necesitatea unor instalații de prevenire (P. K o s t a n l e v — URSS).

— Solicitarea izolatoarelor este mai defavorabilă în curent continuu. Lungimea admisibilă a tensiunii de conturnare este dată ca fiind cuprinsă între 2 cm/kV (Suedia) și 2,2 cm/kV (URSS). În regiuni cu depuneri pe izolatoare, aceasta trebuie să ajungă pînă la 4—5 cm/kV (Anglia).

— Perturbațiile radio pot fi reduse prin utilizarea de bobine în afara valvelor, însă aceasta nu ajută la frecvențe prea înalte (M a r t i n — — Anglia).

În baza rapoartelor și a discuțiilor au rezultat următoarele :

Se constată că s-au efectuat realizări importante :

— Legătura subterană Kașira — Moscova (200 kV, 30 MW).

— Legătura aeriană Stalingrad — Donbass (800 kV, 750 MW, 475 km) în curs de realizare.

— Legătura submarină Suedia — Gotland (100 kV, 30 MW).

— Legătura submarină Franța — Anglia (200 kV, 160 MW) în curs de realizare.

Atît centrele de cercetări cît și exploatarea industrială arată că ne aflăm în plină dezvoltare, așteptîndu-se progrese substanțiale.

S-au discutat următoarele probleme principale :

Valvele, dîndu-se soluții acceptabile de conexiuni și încercări pentru :

— utilizarea unei sau două valve în serie pe braț de punte ;

— utilizarea valvelor pentru unul sau mai mulți anozi în paralel ;

— metode de încercare.

Izolarea aparatajului din stații. Protecția contra supratensiunilor interne și externe se face prin descărcătoare, care nu întrerup curentul din circuit, dar îl suportă pînă la intervenția protecției valvelor.

Izolarea liniilor aeriene. Rezistența izolației este încă puțin cunoscută, mai ales în condițiile regimului normal de funcționare, pentru diverse depuneri atmosferice. Încă nu există o părere unică în privința liniei de scurgere pe kilovolt pentru izolatoarele de curent continuu.

Efectul corona. Pierderile par să fie egale cu cele în curent alternativ, pentru același gradient maxim de suprafață.

Perturbațiile însă sînt mult mai slabe în curent continuu.

Influența asupra rețelei de curent alternativ. Problema principală este cea a armonicelor de curenți. Pentru combaterea lor se utilizează montaje cu 12 pulsații. Se utilizează în plus dispozitive de filtraj formate din baterii de condensatoare ce produc putere reactivă. Cînd se utilizează mașini sincrone în acest scop filtrajul nu este necesar, dar ele trebuie prevăzute cu înfășurări amortizoare dimensionate corespunzător.

Altă problemă este aceea a interacțiunii între rețelele de curent continuu și cele de curent alternativ. Studiul acesteia se poate efectua în anumită măsură pe analizoare de curent alternativ.

Perturbații radioelectrice. Stațiile de mutatoare generează cîmpuri parazite care sînt emise fie direct de stații, fie indirect prin liniile de transport. Ele afectează recepțiile radiofonice și de televiziune din apropiere. Măsurile ce au în vedere reducerea lor privesc alegerea convenabilă a circuitelor electrice asociate valvelor, dispoziția lor, efectuarea unui blindaj metalic complet al clădirilor stației etc.

Măsurile sînt mai eficace pentru gama de frecvențe radio decît pentru televiziune.

În instalațiile noi, în curs de realizare se efectuează măsurători și încercări ce vor da cele mai prețioase informații în acest domeniu.

Grupa 32. **Concepția și funcționarea rețelelor. Stabilitate**

Trebuie remarcat că grupa 32 și-a schimbat denumirea anterioară de — Stabilitatea rețelelor, reglajul sarcinii și al frecvenței — lărgindu-și domeniul de preocupări.

S-a prezentat un număr de 24 rapoarte, din care 20 proprii și 4 atașate de la alte grupe.

Majoritatea discuțiilor s-au purtat în jurul primelor 2 probleme, din cele 4 reținute în raportul special.

1. *Reglajul frecvenței și puterii între rețelele interconectate*

Această problemă a fost amplu dezbătută, începînd cu Sesiunea din 1948, cu un interes susținut. Pe lîngă problemele generale, cum ar fi alegerea principiilor de reglaj, alegerea centralelor reglante, comportarea rețelelor electrice, etc., discuția s-a purtat în special asupra mijloacelor necesare, fiind vorba de instalații cu tendință de a se generaliza în sistemul energetic, deoarece privesc controlul automat al producției întregului sistem.

Față de problemele discutate cu precădere la ședințele anterioare :

1948—1952— *problema reglajului primar*
1954—1958— *descrierea instalațiilor de reglare frecvență-putere și studiile care le-au precedat.*

În linii mari la sesiunea din 1960 s-a dat o importanță specială Studiului teoretic al întregului sistem aservit, care cuprinde un ansamblu de rețele prevăzute cu dispozitive de reglaj automat al frecvenței și eventual al puterii de schimb.

Interesul pentru această problemă pare să fie mai mult teoretic pentru rețelele mari, deoarece :

— precizia cu care s-a menținut frecvența este mai mare decît aceea de care au nevoie consumatorii ;

— avariile datorite unui reglaj greșit pe liniile de interconexiune sînt practic inexistente.

Rezultatele obținute în practică pentru rețelele mari au fost calificate drept excelente.

Pentru rețelele mici, totuși, aplicarea metodelor de optimizare pare să fie mai eficace decît pentru rețelele mari.

În cadrul rapoartelor s-au prezentat următoarele probleme mai importante :

— Comitetul de studii nr. 13 (*331*) arată problemele discutate în cadrul reuniunilor din 1958 și 1959, în două rapoarte distincte.

La prima reuniune s-au discutat :

— criteriile de calitate ale reglajului, arătîndu-se că valoarea ecartului tip al variațiilor de frecvență este un criteriu mai bun pentru regimuri normale (adoptat $\pm$ 0,1 Hz) iar banda ecarturilor de frecvență pentru regimuri de avarie ;

— cerințe privind menținerea puterii de schimb, arătîndu-se că menținerea unor valori medii pe intervale de ordinul minutelor este mai importantă decît reducerea fluctuațiilor de putere ;

— caracteristicile materialelor ce intervin în reglaj (regulatoarele de viteză și de rețea) și ale dispozitivelor de protecție pe arterele de interconexiune.

La a doua reuniune s-a prezentat raportul asupra analizei procedeelor de reglaj utilizate, în care se scot în evidență caracterele comune ale diverselor procedee utilizate pentru reglajul frecvență-putere, pentru unificarea terminologiei și scoaterea în evidență a caracterelor particulare ale diverselor metode (*328*).

S-au mai prezentat în rapoarte următoarele probleme :

— *Reglajul pe interconexiunea Suedia — Finlanda*, în care se arată că rețeaua Suediei de 8000 MVA preia reglajul frecvenței, iar rețeaua Finlandei de 2000 MVA reglajul puterii, prin semnale suplimentare date regulatoarelor primare electrohidraulice (*311*) (Weeden, Voipio, Johansson).

Pentru o rețea în care reglajul se face după caracteristicile statice ale regulatoarelor primare, se arată *avantajul regulatoarelor electrice de mare precizie* (*322* Sinding — Norvegia, Ardes — Elveția).

— S-a scos în evidență *importanța metodelor statistice în tehnica sistemelor aservite* (*326* Mesarovici, Obradovici, Spiridonovici —Iugoslavia, *310* Preminger — — Israel).

— S-a arătat că atunci cînd *sistemele energetice se interconectează au caracteristici similare în unități relative* (timp de lansare și caracteristică frecvență — putere de schimb) *răspunsurile dinamice ale frecvenței și puterii de schimb sînt independente de mărimea rețelelor și calculele pot fi mult simplificate* (*320* Greselin, Saccomanno — Italia).

În cadrul discuțiilor la rapoarte, s-au semnalat următoarele :

— Este de dorit ca reglajul să fie efectuat de grupuri cît mai diverse ca mărime și caracteristici ; în caz contrar se ajunge ușor la supra-reglaj, cum s-a semnalat într-un sistem reglat cu grupuri identice (Morehouse — SUA).

— Dispariția zonelor de insensibilitate este o tendință ce începe să se realizeze prin utilizarea regulatoarelor de viteză electronice, care le înlocuiesc pe cele mecanice (Concordia — — SUA) ; un asemenea regulator electric se încearcă și în rețeaua franceză (Favez — — Franța).

—Timpul de lansare, important în timpul procesului de reglaj, se determină de obicei prin încercări în rețea. S-a arătat că se pot obține rezultate suficient de exacte și prin calcule, încercările fiind reduse la minimum și fiind necesar să fie efectuate în anumite condiții. S-a arătat rezultatul unei probe și al unor calcule efectuate cu ajutorul metodei Dimo, combinată cu mașinile numerice (Groza—R.P. Romînă).

În concluzie, s-a constatat că pentru rețelele mari metodele utilizate pînă în prezent pentru reglajul secundar se apropie de perfecțiune. S-a găsit în sfîrșit o terminologie comună, făcîndu-se o clasificare pe baze comune a diverselor procedee de reglaj.

S-au discutat perfecționările ce se pot aduce prin utilizarea regulatoarelor electrice sau electronice, mai sensibile decît cele mecanice clasice. Acestea pot fi introduse chiar și în centralele

vechi. În acest fel se poate reduce mult numărul centralelor reglante pentru reglajul secundar. Unii sînt chiar de părere că acest reglaj poate fi suprimat în limita în care nu jenează consumatorii.

S-a constatat că, pentru reglajul pe linie de interconexiune între o rețea mică și o rețea foarte puternică, rețeaua mică poate regla numai puterea, renunțîndu-se în acest caz la legea binomului.

Problema menționată în raportul special, asupra utilizării circuitelor de reglaj în scopul repartiției economice automate a sarcinii (reglajul terțiar) nu a fost discutată, exprimîndu-se numai dorința ca aceasta să fie abordată la sesiunile viitoare.

2. *Funcționarea rețelelor în regimuri perturbate.* Subiectele rapoartelor pot fi împărțite în următoarele categorii :

I. *Comportarea mașinilor sincrone în rețea.* Printre subiectele preferențiale se găsesc acelea relative la stabilitatea rețelelor și în particular la influența regulatoarelor de excitație a mașinilor sincrone.

Se constată îndreptarea cercetărilor în două direcții :

— Dezvoltarea generală a automaticii se traduce în domeniul acesta prin elaborarea de dispozitive de reglaj al tensiunii care transformă substanțial comportarea mașinilor sincrone și permit creșterea netă a securității de funcționare a rețelelor în raport cu cele obținute cu generatoarele avînd exciatție constantă.

— O altă caracteristică este aceea că studiile au cerut încercări directe în instalații, adesea precedate de încercări aprofundate pe modele de diverse feluri.

Se constată că patru rapoarte privesc ameliorarea stabilității statice și dinamice a rețelelor, al cincilea privind în special problema autosincronizării, prezentată în ordinea crescîndă a complexității dispozitivelor de reglare automată a excitației.

— Un raport dă rezultate interesante asupra *încercărilor de stabilitate statică și dinamică efectuate în Anglia asupra turbogeneratoarelor exploatate la mică sarcină activă practic în compensatoare sincrone* (*104* Powell, Mutch, Stalevski, Toms — Anglia).

Aceste încercări au confirmat posibilitatea funcționării cu un unghi net superior limitei la excitație constantă și anume 90°, posibilitate oferită prin utilizarea regulatorului cu acțiune continuă și rapidă. Rezultatele obținute sînt încurajatoare; aplicarea unui scurtcircuit trifazat la bornele de IT ale mașinii de o durată de 0,34 s nu a antrenat pierderea sincronismului.

Se remarcă faptul că în aceste funcționări în compensator sincron, cu sarcină activă foarte mică, accelerarea rotorului în timpul defectului rămîne foarte mică, ceea ce este favorabil menținerii stabilității. Regulatoarele de tensiune utilizate în timpul acestei încercări sînt de un tip acum foarte răspîndit, ele nu fac uz decît de tensiunea la bornele mașinii.

— S-a arătat *un nou tip de regulator de tensiune, cu reglajul suplimentar al unghiului rotorului, care mărește mult stabilitatea grupurilor* (*309* Easton, Fitzpatriek, Parton, Anglia). Rezultate asemănătoare s-au obținut *utilizînd derivatele de ordinul 1 și 2 ale unghiului intern* (*315* Langer, Johansson — Suedia).

— Un raport care e cel mai complex din acest punct de vedere, tratînd *comportarea în sistem și avantajele mari ce se pot obține prin utilizarea unor elemente de detecție și amplificare, pur electrice, arată reglajul cu acțiune puternică în rețelele din URSS* (*325* Venikov, Herzenberg, Kostenko, Neiman, Sovalov, Socolov). S-a putut ridica limita de stabilitate statică la 730 MW, pe o linie de 700 km, 420 kV, pentru care s-au întocmit studii pe viu și pe modele.

— *Autosincronizarea alternatoarelor* este arătată sub aspectul evitării supraintensităților prin alegerea momentului aplicării excitației, cu generalizare la mașini sub 10 MVA (*397* Hano, Uenosono, Yoshikawa — Japonia) și al influenței regulatorului de tensiune (*309* Easton, etc. — Anglia).

II. *Comportarea rețelelor în regim perturbat.* Se studiază ameliorarea stabilității statice și dinamice a rețelelor sub mai multe aspecte :

— Pentru rețeaua suedeză s-a prezentat *un studiu complet, cu prezentarea tuturor mijloacelor de calcul utilizate, cu încercări de stabilitate statică de mare anvergură, în care cea mai încărcată linie de* 400 kV, 700 km *a fost încărcată la* 850 MW, *iar la* 220 kV, 270 MW (*324* Nordström, Norlin, Gradin). O dată cu extinderea interconexiunii, crește importanța stabilității statice, față de cea dinamică.

— *Funcționarea bateriilor de condensatoare serie montată în scopul măririi stabilității a fost satisfăcătoare pe o linie de* 150 kV (*303* Bennetot, etc. Maroc).

— Pentru cazul *perturbațiilor de lungă durată* s-a atras atenția asupra importanței comportării serviciilor interne (*333* Trietberger Magnien, Théodore—Franța, *128* Pavesi, Simonetti— Italia).

III. *Problema fluctuațiilor de putere.* Fluctuațiile de putere dau naștere la variații de tensiune. În cadrul comitetului nr. 18 s-a efectuat o anchetă asupra perturbațiilor la consumatori, ajungîndu-se la concluzia că cei mai sensibili trebuie alimentați din partea unde puterile de scurtcircuit sînt mai importante.

*

În concluzie, s-a acordat o mare importanță termenului *„unghi de defazaj electric" și derivatelor sale* pentru reglajul excitației, atît din punct de vedere al stabilității, cît și din cel al capacității de absorbție de putere reactivă.

S-a atras atenția asupra importanței parametrilor electromecanici, în cazul autosincronizărilor.

S-a scos în evidență superioritatea soluției cu transformator legat direct la borne pentru alimentarea serviciilor interne la termocentrale în timpul perturbațiilor.

Condensatoarele serie aduc anumite avantaje economice, dar nu măresc mult capacitatea de transport.

Problema fluctuațiilor pe linii a fost abordată, fără să dea vreo soluție generală de remediere.

3. *Echiparea și proiectarea sistemelor*

— Se arată că *se pot face previziuni asupra echipării rețelelor, pe baze simplificate* (**304** Gheorghiev, Rostov — Bulgaria), însă pare că aceste simplificări nu sînt în general valabile.

— *Predeterminarea datei de punere în funcțiune a centralelor termoelectrice se face pe baza unui calcul numeric, combinat cu calculul probabilităților*, pentru o perioadă de 20 ani, regimuri din oră în oră, pentru diverse probabilități de avarii (**313** Dillard, Sels — SUA).

*

Metodele propuse arată că problema are un caracter complex, fiind mai simplă pentru rețele cu centrale termoelectrice, din cauza regimului hidrologic al hidrocentralelor. Problema se complică mult dacă se ține seama de calitatea tensiunii, continuitatea serviciului, perturbațiile la consumatori, costul pierderilor în rețea, etc.

4. *Auxiliare de calcul al rețelelor*

Deși problema prezintă o mare importanță — inginerul de rețea fiind pus în situația de a alege mijlocul de calcul cel mai adecvat, atît din punct de vedere economic cît și ca precizie — totuși la această sesiune s-au prezentat numai trei rapoarte :

— Comitetul de Studii nr. 13 a prezentat *un raport de ansamblu* (**331**, Anexă, Concordia, Magnnis, Magnien) din care rezultă următoarele :

— *Calculatoarele numerice înlocuiesc treptat alte mijloace de calcul pentru rețele* (de ex. modelele de curent alternativ).

— *Analizoarele diferențiale sînt în dezvoltare pentru probleme de rezolvare a ecuațiilor diferențiale.*

— *Microrețelele servesc la studiul problemelor de reglaj de tensiune și studiul caracteristicilor optime ale materialului de protecție.*

— Se dă o descriere a *calculatoarelor analogice de curent continuu și alternativ utilizate în R. P. Polonă* (**316** Bornas).

— Se arată *studiile întocmite prin diverse mijloace de calcul al stabilității rețelei suedeze* (**324** Nordström, Norlin, Gradin).

La acest punct s-a făcut o intervenție în problema *utilizării combinate al calculatoarelor numerice, cu metoda analizei grafice Dimo* (Groza—R.P. Romînă). S-a întrezărit posibilitatea *aplicării metodei de calcul a stabilității prezentată* în pag. 308 (R.P.U) *la calculatoarele electronice* (Concordia — SUA). *Trecerea problemelor de la modelele analogice la mașinile cifrice* a fost subliniată de diverși oratori (de ex : Gaussens — Franța). Problemele *comportării dinamice a rețelelor se rezolvă printr-o metodă combinată, microrețea plus calculator analogic electronic* (Favez — Franța). *Pierderile diferențiale într-o rețea se pot calcula prin mijloace auxiliare de calcul, fie folosind metoda B* (metoda puterilor) fie *metoda Brownle* (metoda defazajelor), *aceasta din urmă în special pentru rețele cu structură variabilă* (Clade — Franța).

S-a recunoscut în mod unanim importanța calculatoarelor numerice pentru calculele de rețele. Ele se dezvoltă în detrimentul calculatoarelor analogice, al căror domeniu se limitează pe măsura introducerii în calcul a diverșilor parametri tehnici și mecanici. Pentru moment, calculatoarele analogice rămîn utile în calculele de stabilitate dinamică.

Probe de funcţionare cu vid înrăutăţit ale unei turbine de 2 000 kW

Ing. *T. ILIESCU* şi ing. *I. GROSZ* *

Performanţele centralelor electrice mici şi mijlocii cu parametri scăzuţi echipate cu turbine de condensaţie sînt reduse. Căldura transformată în energie electrică într-o turbină de condensaţie nu depăşeşte 20—25% din căldura combustibilului consumat. Economicitatea producerii energiei electrice este considerabil sporită dacă aburul ce se destinde în turbine — producînd lucru mecanic — este apoi întrebuinţat pentru scopuri de încălzire. În felul acesta se foloseşte căldura de vaporizare a aburului, care altfel este cedată apei de răcire a condensatorilor la un potenţial termic scăzut şi evacuată fără întrebuinţare.

O aplicaţie limitată are prelevarea aburului în scopul preîncălzirii regenerative a condensatului propriu. Cantităţi mult mai mari de căldură pot fi folosite în vederea termoficării industriale şi urbane.

De un interes real este utilizarea, pentru livrarea de căldură, a echipamentului energetic existent. Rezolvarea acestei probleme permite reducerea substanţială a consumului specific de căldură pentru producerea energiei electrice prin satisfacerea nevoilor de căldură ale consumatorilor cu cheltuieli relativ reduse.

În mai multe ţări s-a experimentat cu succes folosirea unor turbine de condensaţie trecute la regim de funcţionare cu vid înrăutăţit în scopul livrării de apă caldă. Prin înrăutăţirea vidului în condensator, ridicînd presiunea aburului destins la 0,65—0,9 ata (temperatura de saturaţie 87—96°C), temperatura apei de răcire la ieşirea din condensator creşte pînă la aproximativ 75—85°C.

I. Problemele trecerii turbinelor de condensaţie la funcţionarea cu vid înrăutăţit

În legătură cu introducerea termoficării într-o serie de oraşe ca Constanţa, Arad, Timişoara etc., I.R.M.E. a început cercetarea posibilităţii de trecere a turbinelor de condensaţie la regim de funcţionare cu vid înrăutăţit. Pe baza materialului documentar disponibil se pot trage următoarele concluzii :

1. *Fenomenele care pot influenţa siguranţa agregatului şi verificările preliminare necesare.* La turbinele cu acţiune poate avea loc o creştere a eforturilor axiale în urma apariţiei unei reacţii în treptele rotorice. Rezultatele cele mai defavorabile se pot produce în situaţia discurilor fără orificii de egalizare. Suprasolicitarea lagărelor axiale este deosebit de periculoasă la lagăre axiale de tip pieptene.

La turbinele avînd lagărul din spate fixat independent pe fundaţie poate avea loc o schimbare a jocurilor radiale, apărînd în acest fel pericolul unor atingeri la labirinţii posteriori. În cazul în care lagărul din spate este susţinut de carcasa posterioară, încălzirea acesteia poate produce o modificare a alinierii arborilor, avînd ca urmare apariţia unor vibraţii.

Înrăutăţirea vidului şi scăderea randamentului turbinei au ca rezultat creşterea temperaturii aburului în partea posterioară a turbinei şi deci modificarea regimului de temperaturi ale carcasei, ceea ce conduce la dilataţii mărite. La carcasele de fontă şi la paletele de alamă, temperaturile limită sînt relativ joase.

Prin calculele ce se fac prealabil probelor se determină : modificarea efortului axial, în cazul turbinelor cu acţiune (ceea ce comportă cunoaşterea dimensiunilor şi profilelor paletelor), modificările centrării şi alinierii axelor în urma ridicării temperaturii lagărului posterior, precum şi eventuala schimbare a jocurilor radiale.

Se pot predetermina de asemenea, prin recalcularea destinderii, noul randament intern şi puterea produsă la funcţionarea cu vid înrăutăţit şi ameliorarea ce se obţine prin îndepărtarea ultimelor rînduri de palete.

Inaintea probelor se inspectează turbina, se determină şi eventual se modifică şi jocurile.

Siguranţa de funcţionare a turbinei cu vid înrăutăţit este mărită prin aprobarea din partea fabricii constructoare pentru funcţionarea pe scurtă durată cu eşaparea în atmosferă, experienţa funcţionării în gol cu temperaturi ridicate la carcasă de 100—120°C, existenţa orificiilor de egalizare la discurile de acţiune. De asemenea, existenţa indicatorului şi releului de deplasare axială reduce riscul de avarie.

2. *Rezultatele experimentale obţinute în alte ţări.* În U.R.S.S., experimentările au început cu peste 20 ani în urmă [1]. Pînă în prezent s-au trecut la vid înrăutăţit mai mult de 30 turbine cu puteri de la 1 pînă la 12 MW. Rezultate pozitive s-au obţinut de asemenea în R. P. Polonă [2] şi R. P. Ungară [3]. În U.R.S.S. sînt în funcţiune în acest regim turbine modificate cu 25 ani în urmă, în R. P. Polonă s-au făcut primele modificări în 1953 iar în R.P. Ungară experimentările au început în 1954.

Majoritatea grupurilor ce funcţionează cu vid înrăutăţit au puteri ce nu depăşesc 5—6 MW. La unităţi de puteri mari, pierderile suplimentare prin ventilaţie sînt deosebit de ridicate.

Printre grupurile citate, multe sînt vechi, cu randamente slabe şi cu parametrii iniţiali scă-

* I.R.M.E.

zuți: 13 ata, 300—350°C. Sînt menționate grupuri A.E.G., MAN, BBC, KIROV, LMZ etc.

Experiențele privesc în general turbine cu acțiune dar se fac referiri și la grupuri de reacție [4].

Probele s-au executat atît în exploatările înseși, cît și de organizații centrale. OGRES-ul a făcut experimentări la peste 25 turbine [5].

Temperatura apei calde atinge valori cuprinse între 60—90°C.

Creșterea temperaturii carcaselor de fontă este admisă pînă la 150°C; uneori sînt folosite și soluții de răcire prin injectare de condensat.

Condensatorii, inclusiv instalațiile anexe nu au ridicat probleme speciale.

În general nu s-au eliminat treptele finale, turbinele fiind folosite și în regim de condensație.

Sînt menționate avarii produse de: creșterea fontei la o diafragmă, mărirea efortului axial la o turbină de acțiune avînd discuri fără orificii de descărcare.

II. Experimentarea funcționării cu vid înrăutățit la o turbină de 2 000 kW

În vederea experimentării funcționării cu vid înrăutățit s-au executat în ianuarie 1961 probe la un grup de 2 000 kW de către un colectiv al întreprinderilor I.R.M.E., Energo-Reparații și I.R.E. — Dobrogea.

1. *Caracteristicile grupului experimentat.* Turbina este de construcție BBC din 1929. Parametrii nominali la admisie sînt: 22 ata, 375°C, iar vidul 0,04 ata. Turbina are o roată Curtis, cu două trepte de viteză și 44 trepte de reacție. Diametrul mediu al roții Curtis este de 1 000 mm iar cel al treptelor de reacție, de 400 mm la început și 760 mm la sfîrșit. Rîndurile 17—41 sînt din alamă.

La sarcina nominală, raportul u/c este de 0,19 la roata Curtis și 0,7 la treptele de reacție.

Admisia se face prin 3 ventile de reglaj.

Condensatorul este format din două jumătăți; țevile sînt mandrinate la un capăt și etanșate cu presetupe la celălalt capăt.

Debitul nominal de apă de răcire este de 600 m³/h. Vidul este produs cu ajutorul unui ejector cu apă.

Lagărul axial de tipul cu segmenți are cîte 6 bucăți pe fiecare parte.

Lagărul din spate este susținut de partea posterioară a carcasei.

Partea posterioară a carcasei, de la nivelul paletelor de reacție este din fontă.

Conform datelor nominale presiunea la roata Curtis e de 6,1 ata la 2 000 kW și 4,8 ata la 1 600 kW iar la nivelul racordului spre pistonul de echilibru e de 0,9 ata la 2 000 kW și 0,7 ata, la 1 600 kW. La nivelul pistonului de echilibru există posibilități de prelevare nefolosite în prezent.

Ca cifre de garanție inițiale se citează: un randament intern de 74% la sarcina nominală randament mecanic de 98% și pierderi prin ventilație de 25—30 kW.

La probele de recepție din ianuarie 1931 s-au obținut următoarele rezultate:

		Proba 1	Proba 2
Puterea	kW	1 597	797,5
Presiunea aburului	ata	22,64	22,04
Temperatura aburului	°C	356,1	335,9
Vidul	ata	0,0698	0,0475
Debitul de condensat	kg/h	8 475	4 561
Consumul specific	kg/kWh	5,31	5,72
Căderea garantată	kcal/kg	259	265
Căderea măsurată	kcal/kg	238,5	242,5
Consumul garantat	kg/kWh	4,85	5,20
Consumul recalculat la căderea reală	kg/kWh	4,90	5,24
Corecția de randament pentru scăderea temperaturii	%	0,95	1,95
Consumul recalculat corectat	kg/kWh	4,85	5,14

2. *Pregătirea și executarea probelor de funcționare la vid înrăutățit.* Premergător probelor s-a executat revizia grupului. Cu această ocazie s-au pregătit punctele de măsură suplimentare. Cu ajutorul acestora s-au cercetat următoarele fenomene:

a) Efectuarea destinderii în turbină.

b) Modificarea regimului de temperaturi ale carcasei.

c) Comportarea lagărului axial.

Cu ocazia reviziei s-au determinat jocurile axiale și radiale la palete și labirinți.

S-au efectuat următoarele probe:

Probe de funcționare în regim de condensație (11 ian.).

Probe de funcționare cu vid înrăutățit în mod progresiv (12—13 ian.).

În cadrul probelor urma să se determine parametrii de referință realizați la regimul actual de funcționare în stare de condensație și să se verifice comportarea turbinei la funcționarea cu vid redus.

În cursul probelor s-au citit la intervale stabilite indicațiile aparatelor de control ale turbinei precum și cele ale aparatelor montate suplimentar pentru urmărirea unor valori caracteristice. Astfel s-au făcut măsurători pentru stabilirea temperaturii a 2 segmenți ai lagărului axial suportînd împingerea înspre generator, s-a măsurat temperatura carcasei în 3 puncte prin termocuple fixate în perete (înainte de pistonul de echilibru, după roata Curtis și la priză) și cu o termocuplă portativă s-a măsurat

temperatura carcasei posterioare și a celor 2 suporți ai carcasei. S-au făcut măsurători pentru urmărirea stării de etanșeitate a condensatorilor.

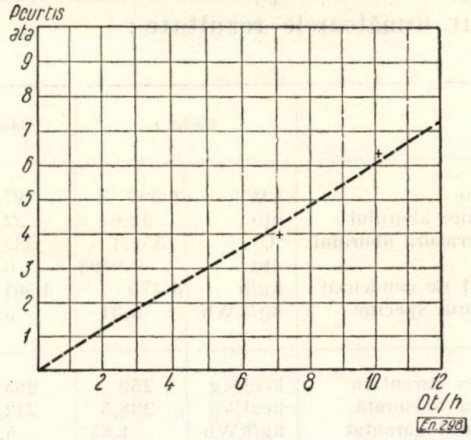


Fig. 1. Variația presiunii la roata Curtis funcție de sarcină :

P Curtis — presiunea la roata Curtis ; *D* — debitul de abur.

În timul probelor vibrațiile lagărelor în sens axial, transversal și vertical au fost măsurate cu un vibrometru înregistrator portativ.

Funcționarea în condensație. În cursul probelor s-a cercetat comportarea mașinii în regimul normal de funcționare. Au fost consemnați parametrii la sarcinile de 1 000 și 1 600 kW.

La aceste sarcini s-au executat probe de consum specific. Sarcina maximă de 1 600 kW a fost limitată de valoarea presiunii la roata Curtis care atinsese 5,1 at.

În fig. 1 e reprodusă variația presiunii la roata Curtis funcție de debitul de abur ce trece prin turbină.

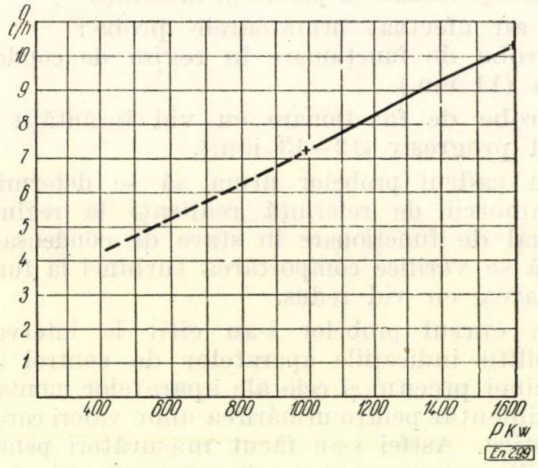


Fig. 2. Variația debitului funcție de sarcină în regim de condensație :

P — puterea ; *D* — debitul de abur

În fig. 2 e reprezentată variația debitului funcție de sarcină în regim de condensație.

În fig. 3 e dată variația randamentului intern funcție de debit.

Funcționarea cu vid înrăutățit. În prima zi de probe s-a înrăutățit progresiv vidul de la 0,15 la 0,35 ata. Înrăutățirea vidului a fost efectuată prin ridicarea tempera-

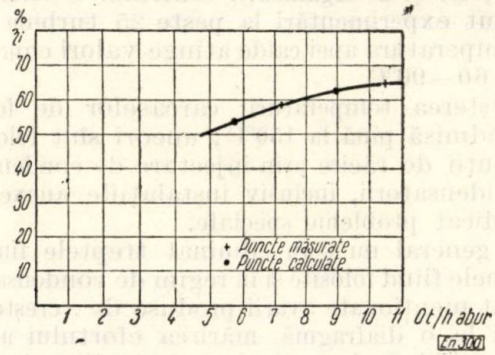


Fig. 3. Variația randamentului intern funcție de debit în regim de condensație :

η_i — randamentul intern ; *D* — debitul de abur.

turii la intrare cu ajutorul recirculației apei calde de la ieșirea din condensator. La o temperatură de 40°C a apei la intrare, s-a ajuns

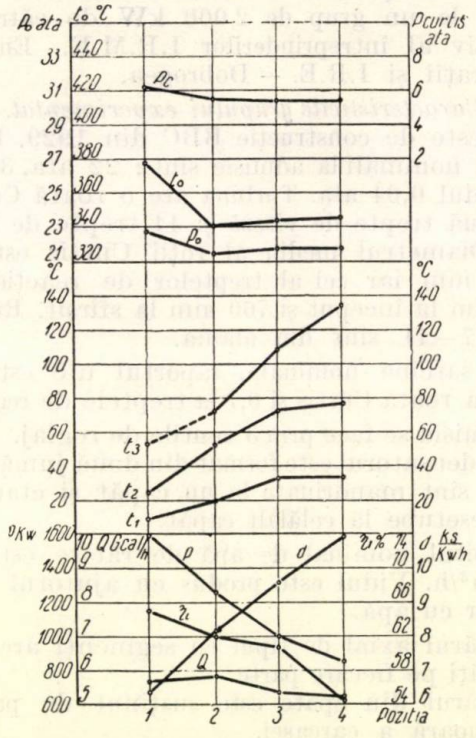


Fig. 4. Variația parametrilor și indicilor la funcționare cu vid înrăutățit :

t_0 — temperatura aburului viu ; p_0 — presiunea aburului viu ; p_c — presiunea la roata Curtis ; t_1 — temperatura apei de răcire la intrare ; t_2 — temperatura apei calde ; t_3 — temperatura aburului la buraj ; Q — căldura livrată ; η_i — randament intern ; d — consum specific de abur ; P — puterea.

la o temperatură de 60°C a apei la ieșire. Proba s-a făcut cu consemnarea tuturor elementelor de control. S-a funcționat cu sarcini apropiate de cele limită.

În a 2-a zi a probelor de vid înrăutățit s-a micșorat treptat vidul de la 0,15 la 0,65 ata. Reglarea vidului s-a executat prin ridicarea temperaturii apei de răcire la intrare în condensator și prin reducerea debitului de apă.

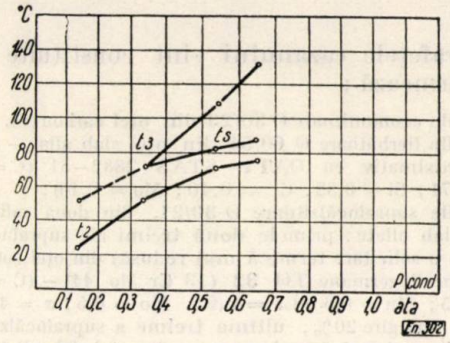


Fig. 5. Variația temperaturii la buraj și a temperaturii apei calde funcție de presiunea în condensator:
t_2 — temperatura apei calde; t_3 — temperatura aburului la buraj; t_s — temperatura de saturație.

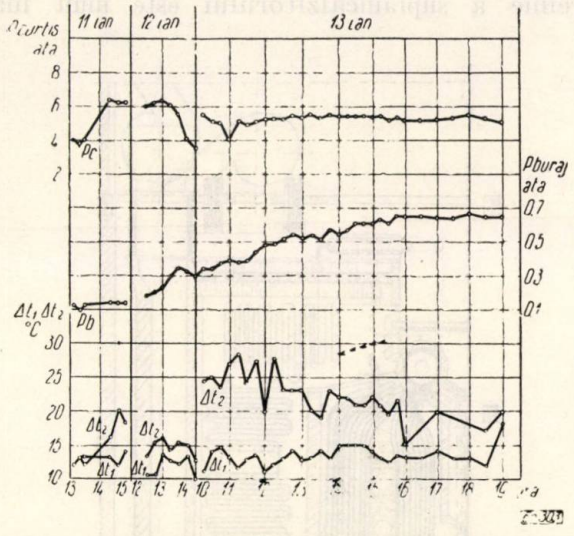


Fig. 6. Variația încălzirii segmenților lagărului axial în diferite situații de funcționare:
P_c — presiunea la roata Curtis;
Δt_1 — diferența de temperaturi între temp. segmentului *1* și temp. uleiului la ieșire din răcitor;
Δt_2 — idem, pentru segmentul *2*.

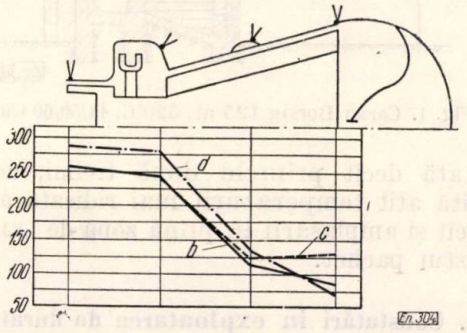


Fig. 7. Modificarea temperaturii corpului turbinei de 2 000 kW:
a — regim de funcționare cu vid de 0,15 ata, temp. abur intrare 379°C; *b* — idem, 0,34 ata, temp. abur intrare 344°C; *c* — idem, 0,65 ata, temp. abur intrare 342°C.

S-a obținut o temperatură a apei calde de 76°C, temperatura aburului la buraj fiind de 130—135°C. S-a funcționat cu debite de abur apropiate de cele limită. S-au consemnat parametrii de control. Turbina a fost menținută la vidul de 0,6—0,65 ata. În regimul limită de funcționare s-a efectuat o probă de consum specific.

În fig. 4, 5, 6 sînt reprezentați parametrii principali din perioada probelor.

În calcule s-a folosit valoarea vidului dedusă pe baza citirilor coloanei cu H_g.

În fig. 7 se reprezintă modificarea temperaturii corpului turbinei.

Temperaturile picioarelor de susținere ale carcasei posterioare s-au menținut sub 100°C.

Concluzii

Probele au confirmat posibilitatea funcționării normale a turbinei la noul regim de exploatare. În mod special s-au pus în evidență următoarele:

1. Parametrii înaintea prizei (reconducerea de la pistonul de echilibru) nu se modifică în mod sensibil.
2. Vibrațiile rămîn practic neschimbate.
3. Etanșeitatea condensatorului pe partea de apă s-a menținut.
4. Comportarea pompei de condensat a rămas normală.
5. Neuniformitatea încălzirii segmenților lagărului axial crește în oarecare măsură; în valoare absolută însă, încălzirea nu are o tendință fermă de creștere în funcție de înrăutățirea vidului.
6. Temperatura de funcționare a paletelor de alamă avînd compoziție 72/28, din rîndurile posterioare, se află sub valoarea limită de 200°C.

Funcționarea cu vid înrăutățit se poate face și cu numărul complet de trepte. În măsura în care se va putea renunța definitiv — din punct de vedere al sistemului energetic — la funcționarea în regim de condensație, se va decide asupra oportunității îndepărtării ultimelor trepte.

Bibliografie

[1] Voznesenchi A. A.: *Trecerea turbinelor cu condensație la regim cu termoficare.* Editura Energetică de Stat (1952).

[2] Heine A.: *Adaptarea turbinelor cu condensație pentru funcționare în regim de termoficare.* Przeglad Elektrotechniczny **XXX** (1954) nr. 7 (iul) pag. 270—272.

[3] Czettner T.: *Probe de funcționare cu vid înrăutățit în centrala termoelectrică de la Csepel.* Magyar Energiagazdasàg (1955) Nr. 11 (nov.) pag. 419—420.

[4] Vilenski N. M., Dîrdak I. A. Zonstein G. I.: *Trecerea turbinelor de condensație la regimul de funcționare cu vid înrăutățit.* Energhetik **5** (1957) Nr. 4 (apr.) pag. 28—31.

[5] * * * *Cu privire la trecerea turbinelor cu condensație la regimul de funcționare pentru termoficare.* Energhetik **8** (1960) Nr. 5 (mai) pag. 36.

Unele observaţii din exploatarea de lungă durată a unui cazan de abur de parametri ridicaţi

Ing. *HRISTODOR NACU*

În anul 1941 a fost dat în exploatare un cazan de abur avînd următoarele caracteristici nominale: $P = 125$ at, $t = 520°C$, $Q = 44/55/60$ t/h.

Cazanul, de fabricaţie Borsig, de tipul cu circulaţie naturală şi prevăzut cu preîncălzitor de apă şi de aer, are următoarele suprafeţe :

— suprafaţa fierbătoare	200 m²
— suprafaţa supraîncălzitoare	280 m²
— suprafaţa economizorului	790 m².

De la montare pînă la începutul anului 1960, cazanul a funcţionat cu păcură, iar apoi cu gaze.

Cazanul este alimentat numai cu apă condensată provenind de la condensatorii turbinelor şi din recuperarea condensatului de la aburul utilizat în procesul tehnologic. Ţinînd seama de pierderile de condensat relativ mari în procesul tehnologic al fabricii şi pentru a nu expune celelalte cazane de 40 at ale centralei a lucra numai cu apă epurată chimic, cazanul de înaltă presiune este prevăzut cu o instalaţie de distilare B.B.C. de 14 t/h utilizînd abur de 3,5 at din reţeaua de termoficare a centralei.

În perioada anilor 1941—1948 totalizînd un număr de 39 000 ore de funcţionare, cazanul a lucrat cu o sarcină de 50—60% din debitul nominal. După această dată, debitul cazanului a crescut an de an ajungînd în momentul de faţă la 50—54 t/h.

Temperatura aburului supraîncălzit a fost în permanenţă mai scăzută decît temperatura nominală — 490—510°C în loc de 520°C, deoarece temperatura nominală a aburului la intrarea în turbina cu care acest cazan lucrează în bloc este de 480°C. Diferenţa aceasta de 10—20°C în acest domeniu de temperaturi are, după cum se ştie, influenţă importantă asupra condiţiilor de lucru ale materialului supraîncălzitorului.

Presiunea de regim a cazanului a fost cea nominală de 125 at.

Începînd din 1948 ciclul de revizii a fost stabilit la un număr de 3—4 revizii anuale din care una pe o perioadă mai lungă — cca. 10—12 zile — iar celelalte de cîteva zile (4—6 zile). Au făcut excepţie de la acest ciclu cele cîteva opriri accidentale înregistrate în perioada anilor 1948—1949 — opriri de scurtă durată — şi în perioada 1954—1955 — opririle scurte reclamate de înfundarea camerelor cazanului cu zgură provenind din combustibilul utilizat.

Suprafeţele cazanului sînt constituite după cum urmează :

— ţevile economizoare Ø 30/23 din oţel carbon (St. 45.29) ;
— ţevile fierbătoare Ø 60/51 din oţel slab aliat — echivalent aproximativ cu OAT1—STAS 2882—51 (C = 0,20 ; Mn = 0,71 ; Si = 0,32 ; Cr = 0,40 ; Mo = 0,40) ;
— ţevile supraîncălzitoare Ø 30/21, din două calităţi de oţeluri slab aliate : primele două treimi ale supraîncălzitorului (cu o solicitare termică mai redusă) din oţel corespunzător mărcii germane TH 32 (13 Cr Mo 44) — (C = 0,10 ; Si = 0,35 ; Mn = 0,6 ; Cr = 0,9 ; Mo = 0,5 ; σ = 45 — 55 kg/mm² alungire 20% ; ultima treime a supraîncălzitorului cu solicitare termică mai mare — din oţel slab aliat corespunzînd mărcii germane Deutro CS 65 S, cu conţinutul de crom şi molibden mai ridicat, avînd rezistenţa de durată la 575°C de 5 kg/mm².

Se subliniază faptul important că ultima treime a supraîncălzitorului este mult mai

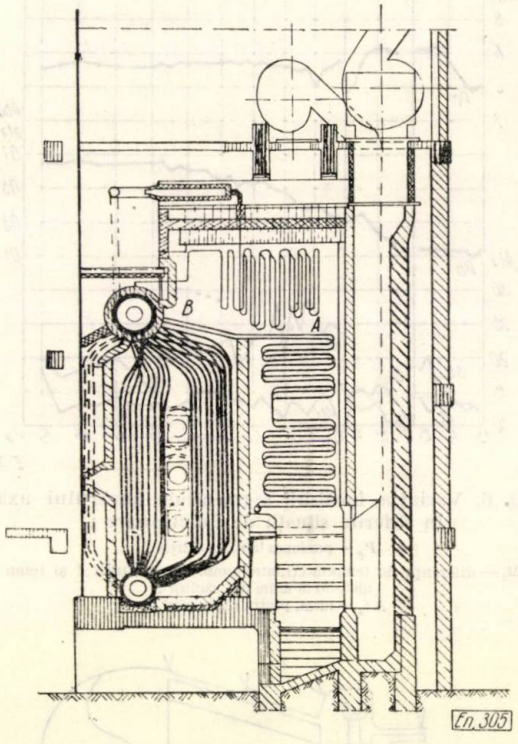


Fig. 1. Cazan Borsig 125 at, 520°C, 44/50/60 t/h.

solicitată decît primele două treimi, aceasta datorită atît temperaturii mai ridicate a aburului cît şi amplasării în plină zonă de radiaţie a acestui pachet.

I. Constatări în exploatarea de durată

Spargerea unor ţevi fierbătoare, în perioada anilor 1948—1949 (după 38 000—40 000 ore de funcţionare) a făcut să se presupună o înrău-

tățire a calităților oțelului în condițiile de presiune și temperatură ridicate ale cazanului. Analizîndu-se ulterior mai amănunțit spargerile s-a ajuns la concluzia că în realitate adevărata cauză a spargerilor era regimul necorespunzător al apei de alimentare.

Depunerile pe țevi, de dimensiuni minime de altfel și cărora, după experiența de exploatare a cazanelor de 40 at nu li se acordase o atenție deosebită, au constituit cauza principală a spargerilor. Aceste împrejurări au determinat studierea mai amănunțită a regimului apei de alimentare, stabilindu-se un regim de lucru riguros, regim în care se funcționează și în prezent și care se înscrie în limitele prevăzute de normativele tehnice în vigoare, inexistente însă în acea perioadă.

Pe de altă parte, luîndu-se în considerare faptul că comportarea metalului la temperaturi înalte se deosebește fundamental de aceea la temperaturi relativ joase s-a luat hotărîrea de a se urmări atent, prin prelevări de epruvete din cazan atît eventualele modificări ale proprietăților mecanice (rezistența, plasticitate) cît și evoluția stucturii oțelurilor. Evaluarea temperaturii maxime a pereților țevilor din cazan făcîndu-se prin calcul, s-a ajuns la următoarele valori:

— țevi economizoare : 350—360°C — în pachetul amplasat în zona de radiație ;
— țevi fierbătoare : 400°C ;
— țevi supraîncălzitoare : 560—580°C.

În aceste condiții grele de temperatură — în special pentru supraîncălzitor — apar o serie de modificări structurale ce determină schimbări și ale proprietăților mecanice inițiale ale metalului, într-o măsură mai mare sau mai mică.

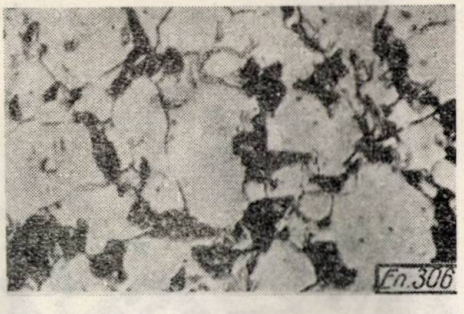
Au fost luate astfel în considerare în afară de mărirea grăunților perlitei, fenomenele de sferoidizare, forma și repartizarea carburilor în componenții structurali, decarburări în zonele exterioare, grafitizarea, în general cu tendințe spre structuri anormale, toate acestea ca efect al unui regim de durată, în condiții de temperatură ridicată.

Aceste modificări influențează direct proprietățile mecanice ale oțelului precum și comportarea lui la fluaj. Din această cauză la controalele făcute în paralel cu un amănunțit examen micrografic se făceau și încercările mecanice (rezistența, indicii de plasticitate).

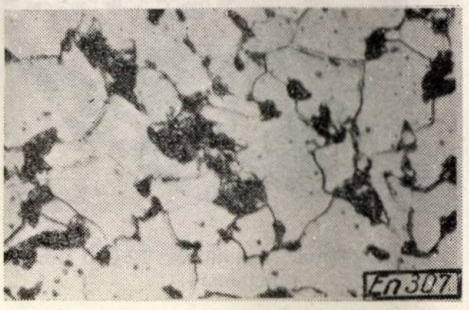
S-a urmărit direct și fenomenul de fluaj, dar din cauza unor deficiențe în tehnica măsurării, rezultatele nu au fost concludente.

În mod practic prelevările din cazan de epruvete pentru control s-au făcut cu ocazia reviziilor periodice la intervale de 10 000—20 000 ore funcționare.

Compararea rezistenței și a celorlalți indici de plasticitate s-a făcut cu caracteristicile inițiale ale oțelului, iar în ce privește structura micrografică aceasta s-a comparat cu probe din același oțel, dar care nu lucrase în cazan, precum și cu micrografii anterioare, în special în ce privește mărirea granulației.



a)



b)

Fig. 2. Țeavă fierbătoare după 66 000 ore funcționare :
a) × 680 — longitudinal ; *b)* × 680 — transversal

Este de menționat că însăși prelevarea ștuțurilor de țevi, pentru analize (un număr relativ mare la fiecare control) a pus la început probleme dificile pentru exploatare, sudarea țevilor din oțel aliat fiind puțin cunoscută în acea perioadă (1948—1952).

În general la probele ridicate după 60—70 000 ore de funcționare atît rezultatele încercărilor mecanice cît și cele ale examinării structurii nu au indicat nimic anormal. Se arată astfel în fig. 2 microstructura oțelului de la o țeavă fierbătoare, din care se remarcă faptul că granulele nu au nici o orientare preferențială, oarecum echiaxe, dovedind prin aceasta un temeinic tratament termic după laminare.

În anul 1953 s-a procurat din țară un lot de țevi fierbătoare ce constituiau rezerva la țevile fierbătoare în funcțiune în cazan.

Astfel la una din reviziile din 1953 — cazanul avînd 72 000 ore funcționare — s-au montat în cazan un număr de 6 țevi noi achiziționate din țară.

În cele peste 60 000 ore de funcționare pînă în prezent, precum și din examenele efectuate pe parcurs a rezultat că țevile nu s-au comportat inferior celor originale din import.

Tot cu această ocazie s-au prelevat epruvete și din țevile de economizor și de supraîncălzitor.

Zonele din care s-au luat epruvete atît pentru economizor cît și pentru supraîncălzitor

au fost întotdeauna zone puternic solicitate termic, respectiv zona de radiație a cazanului.

La economizor, la probele mecanice s-au găsit unele epruvete cu cifre de alungiri specifice scăzute (sub 18%), iar aceste rezultate au

Fig. 3. Țeavă economizor 72 000 ore funcționare.

fost în concordanță și cu rezultatele analizelor metalografice făcute cu această ocazie.

În fig. 3, reprezentînd micrografia oțelului unei țevi de economizor, se indică clar o evidentă alterare a structurii (Widmanstaetten) iar spre exterior constatîndu-se și o pronunțată decarburare.

Aceeași decarburare a straturilor marginale precum și o tendință de granulare a cementitei s-a observat și la țevile fierbătoare (fig. 4) ca urmare a regimului termic și de durată. Comparîndu-se cu structura unui oțel identic

Fig. 4. Țeavă fierbătoare 72 000 ore funcționare.

care nu lucrase în cazan, s-a constatat însă că amploarea modificărilor structurale nu era importantă, ea limitîndu-se doar la o creștere minimală a granulației.

Țevile fierbătoare scoase din cazan cu ocazia acestei revizii și care au fost înlocuite cu țevi noi din țară (6 buc.) au fost supuse unui control exterior amănunțit. Remarcabil de semnalat la acestea a fost o reducere a grosimii pereților țevilor, în special în zona expusă direct flăcării, reducere a cărei valoare maximă măsurată a fost de 1,1 mm, față de 4,5 mm grosimea nominală.

În perioada anilor 1954—1955 în exploatarea cazanului au apărut serioase dificultăți provocate de calitatea păcurii utilizate. Din cauza conținutului mare de substanțe minerale, suprafețele exterioare ale țevilor cazanului se încărcau într-un interval scurt (ajungîndu-se chiar la 1 500—2 000 ore funcționare) înfundînd cazanul și impunînd oprirea lui pentru curățire.

Se menționează că particularitățile constructive ale cazanului, pachete compacte de țevi supraîncălzitoare și economizoare cu pas redus, favorizau ușor înfundarea cazanului cu toate că acesta este prevăzut cu o bună instalație de suflare a suprafețelor cazanului.

Prin încărcarea suprafețelor exterioare cu zgură se provoca în afară de înrăutățirea randamentului și tirajului și ridicarea sensibilă a temperaturii pe tot traseul gazelor, ridicare de temperatură care a avut în mod evident un efect negativ și asupra evoluției oțelurilor cazanului.

Ridicarea de temperatură s-a făcut mai ales simțită în zona primului drum al pachetului țevilor supraîncălzitoare și în zona porțiunii de intrare a țevilor economizoare în tambur.

La sfîrșitul anului 1955, cazanul însumînd 90 000 ore funcționare s-au înregistrat un număr de 5 spargeri ale țevilor supraîncălzitoare. De remarcat că toate spargerile au avut loc la intervale scurte, în aceeași poziție a supraîncălzitorului, și aveau forma unor „pori" la coturile ultimei serpentine a supraîncălzitorului (ieșirea aburului supraîncălzit) pachet amplasat în zona de radiație a cazanului.

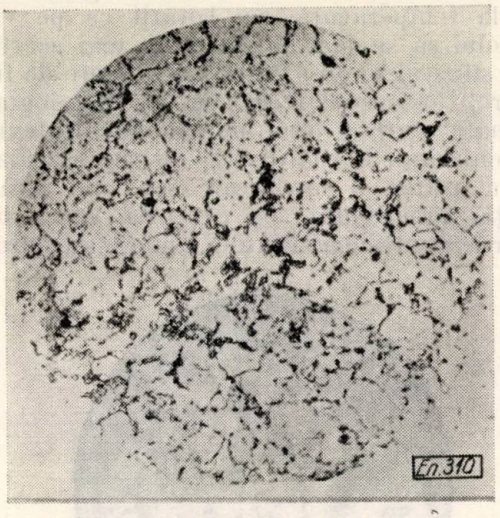
Epruvetele ridicate au arătat o vizibilă înrăutățire a proprietăților mecanice, în special a supraîncălzitorului și numai pentru primul pachet al acestuia. Reducerea rezistenței mecanice și a plasticității precum și alterarea structurală evidentă a oțelului supraîncălzitoarelor în zona de radiație a determinat să se ia măsuri pentru înlocuirea parțială a țevilor supraîncălzitoare.

În fig. 5 sînt reprezentate alături micrografii ale aceluiași oțel, pentru a se evidenția înrăutățirea structurii.

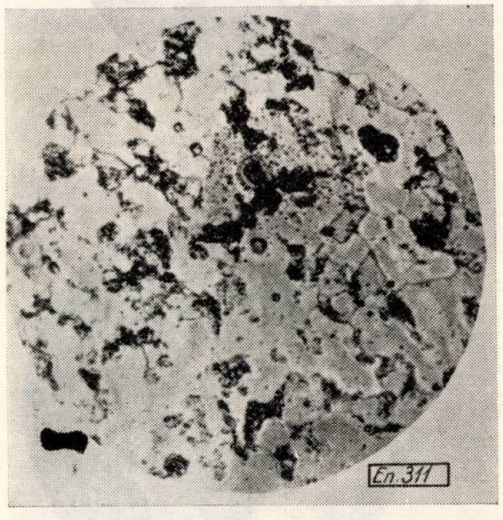
În fig. 5 *a*, se observă perlita globulară cu granulație măruntă, cementită sferoidizată dispusă mai mult pe marginea cristalelor de ferită. Evoluția structurii din fig. 5, *b* este evidentă; structura mai grosolană, mai puțin omogenă,

iar sferoidizarea ușor vizibilă este efectul regimului de temperatură înaltă și de lungă durată.

Rezultatele nesatisfăcătoare ale probelor mecanice de la economizor, și numai pe porțiunea de trecere a acestora prin focar, în zona de radiație, precum și examenele metalografice făcute care, ca și cele precedente, arătau o continuă înrăutățire, au determinat și înlocuirea parțială — numai pe o porțiune de cca. 4—5 ml — a țevilor economizoare. La con-



a)



b)

Fig. 5. Țeavă supraîncălzitoare :
a) × 600 — ore de funcționare 0 ; *b)* × 600 — ore de funcționare 90 000.

trolul interior al țevilor scoase din funcție s-au găsit începuturi de coroziune punctiformă, atît la economizor cît mai ales la supraîncălzitor.

Dacă la economizor prezența acestor coroziuni s-a putut pune pe seama urmelor de oxigen ori ulei din apa de alimentare sau chiar pe seama unor cupluri galvanice cupru — oțel (urme de cupru, provenind din instalația de distilare, găsindu-se în țevile economizoare) explicația coroziunii punctiforme în serpentinele supraîncălzitoare a apărut ceva mai dificilă în condițiile date și în orice caz se consideră că fenomenul nu a fost suficient aprofundat la timpul său.

În această privință prezintă interes mențiunile din literatură conform cărora adeseori este suficientă o creștere a temperaturii pereților țevii cu 10—20°C pentru ca intensitatea coroziunii să crească brusc și aceasta cu atît mai mult cu cît coroziunile observate au fost aproape în totalitate înregistrate pe serpentinele cu temperatura mai ridicată.

S-a mai reținut în concluzie faptul că nu apariția acestor coroziuni, coroziuni care sub acest aspect apar ca fenomen secundar, a impus înlocuirea parțială a supraîncălzitorului și economizorului, ci numai starea oțelurilor în porțiunea unde influența de durată a temperaturii și presiunii a provocat o înrăutățire a proprietăților.

Acest fapt a reieșit în mod evident din analizele mecanice și analizele metalografice efectuate.

La țevile fierbătoare examenul metalografic și încercările mecanice, efectuate cu această ocazie, nu au arătat o evoluție netă spre o stare anormală, astfel că din țevile fierbătoare nu s-a înlocuit nici una.

La controlul făcut în 1957 (după 105 000 ore funcționare) la țevile fierbătoare, încercările mecanice au arătat o oarecare scădere a caracteristicilor — rezistența și mai ales alungirea la unele probe pînă la 16—18%.

Examenul micrografic al acestor țevi a arătat totuși o stare suficient de apropiată de cea normală.

La supraîncălzitor, probele luate din cele două treimi neînlocuite la reparația precedentă, nu au arătat nici la controlul proprietăților mecanice și nici la examenul micrografic o înrăutățire sensibilă. Cu toate acestea din micrografii s-au reținut și unele aspecte care indicau o lentă modificare structurală: structura ferită și perlită globulară aglomerată, ca efect al regimului de exploatare.

La economizor prelevîndu-se epruvete din țevile vechi, într-o zonă expusă unei temperaturi ridicate — apropiată de porțiunea înlocuită la revizia anterioară — s-a constatat o influență evidentă a temperaturii ridicate : cristale de perlită cu lamele de ferită.

Aceste constatări, unele rezultate la încercări mecanice nesatisfăcătoare, precum și faptul ce a apărut deosebit de curios și anume o deformație longitudinală pronunțată a porțiunilor de țeavă sudate în revizia din 1955 (deci la numai 15 000 ore de funcționare) au făcut să se ia hotărîrea de a se reînlocui această porțiune a economizorului, de data aceasta pînă în tambur, prin vălțuire. Făcîndu-se probe de sudură care au dat rezultate satisfă-

cătoare, s-a hotărît ca porțiunea aceasta (porțiunea AB fig. 1) deosebit de solicitată termic să fie înlocuită cu țeavă de aceleași dimensiuni de la supraîncălzitor, deci cu oțel aliat (TH 32) pe o porțiune de 6—7 m. Pînă în pre-

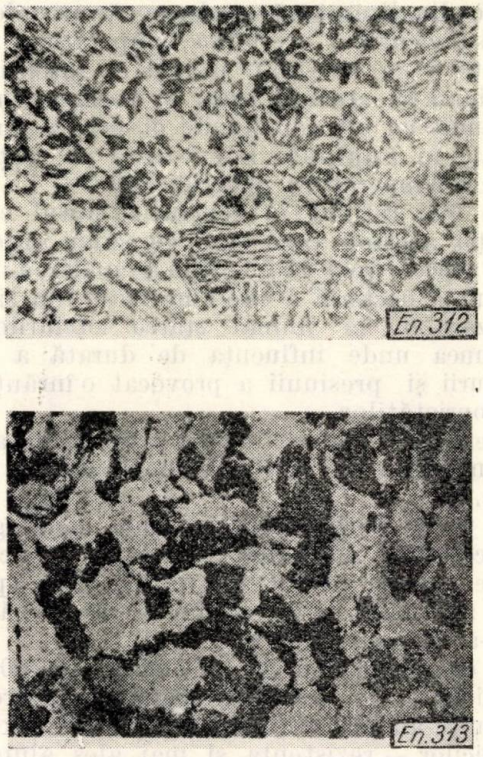


Fig. 6. Țeavă de economizor 105 000 ore funcționare.

zent — după cca. 29 000 ore funcționare — această soluție nu a arătat nici un neajuns. Cheltuielile antrenate de această soluție sînt neînsemnate întrucît porțiunea din economizor din țeavă oțel carbon înlocuită cu țeavă din oțel aliat nu reprezintă decît 2—3 procente din întregul economizor.

Pe linia urmăririi mai departe a modificărilor caracteristicilor mecanice ale oțelurilor și a modificărilor structurale ale acestora s-au luat epruvete din cele 3 suprafețe ale cazanului în 1959 după cca. 121 000 ore funcționare.

În ce privește încercările mecanice la nici una din cele 24 încercări nu s-au găsit cifre mai mici de 46 kg/mm² rezistență la țevile fierbătoare și de economizor, respectiv 62 kg/mm² la supraîncălzitor, alungirile fiind toate superioare cifrei de 20%.

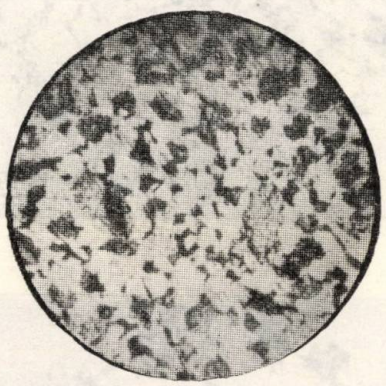
La examenul metalografic s-a urmărit în mod special fenomenul de globulizare a componenților structurali precum și mărirea granulației în general. Ca o notă comună se înregistrează avansarea decarburării spre exterior, de asemenea la țevile fierbătoare o globulizare a cementitei, în raport cu probele de comparație.

Modificările structurale sînt încă și mai evidente la țevile de supraîncălzitor din regiunea neînlocuită.

Astfel, așa cum rezultă din fig. 7 se pot observa la o țeavă de supraîncălzitor modificările intervenite : structura ferită și perlită în lamele, cristale de perlită mărite și fragmentate ca urmare a influenței temperaturii.

Rezultatele metalografice denotînd în general o evidentă tendință de evoluție spre o stare anormală ca efect al îndelungatei expuneri la temperatură, s-a hotărît ca pe viitor controlul să se facă la intervale mai scurte.

La sfîrșitul anului 1960 (132 000 ore de funcționare) analizele mecanice și metalografice efectuate asupra unui număr de 10 țevi de economizoare, fierbătoare și de supraîncălzitor nu au arătat o modificare sensibilă față de situația precedentă, cu excepția alungirii la oțelurile supraîncălzitorului unde s-au înregis-



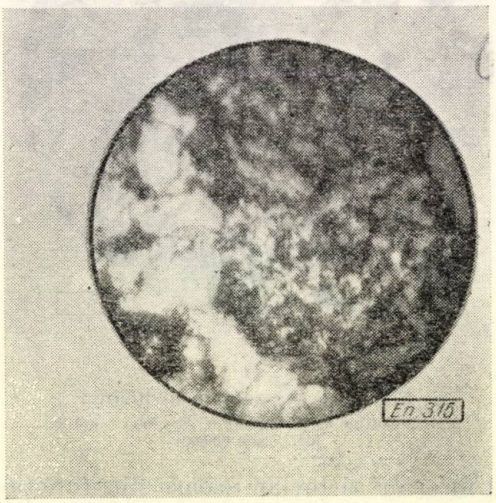


Fig. 7. Țeavă de supraîncălzitor după 121 0000 ore funcționare.

trat două valori mici (13% și 15%). Se menționează că, chiar în această situație, rezultatele probelor mecanice au putut fi considerate acceptabile dacă se ține seama de faptul că atît rezis-

tența corespunzătoare limitei de curgere (min. 31 kg/mm²) cît și rezistența corespunzătoare limitei la rupere (min. 48 kg/mm²) asigură coeficienții de siguranță prescriși.

În privința analizelor metalografice se constată ca și în analizele precedente tendințe spre structura Widmanstaetten la țevile de economizor, și mai ales globulizarea feritei și perlitei la țevile de supraîncălzitor.

II. Considerații asupra celor constatate în exploatare și concluzii

Condițiile deosebit de grele în care lucrează oțelurile unui cazan de parametri ridicați, și în special supraîncălzitorul acestuia, fac necesară o continuă și sistematică supraveghere. Deși încercările mecanice și cercetările metalografice, singure, nu dau întotdeauna concluzii definitive asupra siguranței de funcționare a cazanului, ele pot fi deosebit de prețioase prin informațiile pe care le furnizează referitor la modificările proprietăților mecanice (rezistență, plasticitate) sau starea structurii, bineînțeles cu condiția de a se acorda o mare atenție la interpretarea acestor rezultate. Cele mai sus menționate capătă o și mai mare importanță cînd se ia în considerare tendința oțelurilor ce funcționează mult la temperaturi înalte de a se degrada fără deformări.

În această privință înlocuirea ultimei treimi din supraîncălzitorul cazanului după 90 000 ore de funcționare precum și a unei mici porțiuni din economizor din plină zonă de radiație după același număr de ore de funcționare a creat premizele cîtorva concluzii.

Prima care s-a impus a fost aceea că înlocuirea a fost determinată aproape direct de o perioadă relativ scurtă de funcționare anteroară cînd din cauza murdăririi exagerate a suprafețelor, provocată de zgura din păcură, temperatura din circuitele de gaze a crescut simțitor, cu toate desele opriri ce se făceau pentru curățire.

Provocînd direct alterarea structurii oțelului și probabil indirect instabilitatea la coroziune, această creștere de temperatură a condus la necesitatea înlocuirii parțiale a supraîncălzitorului.

La data înlocuirii acestei porțiuni din supraîncălzitor se aprecia că în maximum un an sau doi de funcționare se va ivi necesitatea înlocuirii integrale a supraîncălzitorului, dar în cele aproape 45 000 ore de funcționare de la data înlocuirii parțiale a supraîncălzitorului pînă în prezent nu s-a înregistrat nici o avariere a țevilor supraîncălzitoare, ceea ce dovedește că pronunțata alterare a structurii în 1955 avea caracter local și nu privea întreg supraîncălzitorul.

Înlocuirea parțială a țevilor de economizor și de supraîncălzitor din zona cea mai solicitată termic precum și folosirea a două calități diferite de oțel au arătat că aceste procedee pot fi aplicate la nevoie, deși în mod normal ar trebui să fie evitate.

În privința cercetării microstructurii ca metodă de urmărire a stării oțelurilor cazanului și a influenței de durată a condițiilor de lucru asupra acestuia s-a putut trage concluzia că aceste cercetări pot furniza personalului de exploatare informații importante prin evidențierea tendințelor spre structuri anormale:

— creșterea granulației;

— globulizarea perlitei, fenomen care corespunde trecerii carburilor, la temperaturi înalte, la o formă mai stabilă și care după cum se știe influențează mai ales asupra fenomenului de fluaj și într-o măsură mai mică asupra proprietăților mecanice generale;

— formarea structurii Widmanstaetten;

— decarburarea oțelului provocată de arderea carbonului din straturile superficiale.

Reprezentarea sistemelor energetice prevăzute cu reglare automată a vitezei şi frecvenţei în vederea studiului comportării în regim dinamic

Conf. ing. C. MIHĂILEANU şi ing. V. IONESCU

1. Obiectul lucrării

Odată cu dezvoltarea rapidă a sistemelor energetice, problema reglării automate a frecvenţei şi a puterii de schimb între sistemele interconectate a devenit curentă în numeroase ţări din lume. Au fost elaborate şi traduse în practică diferite sisteme de reglare care urmăresc atît satisfacerea unor condiţii de calitate pentru energia livrată consumatorilor, cît şi atingerea unor obiective economice: repartiţia optimă a sarcinii între centrale, ţinîndu-se cont şi de pierderile în reţea.

Pe măsura creşterii importanţei problemei reglajului automat al frecvenţei, cît şi a cristalizării teoriei şi metodelor reglării automate în general, a devenit necesară şi posibilă tratarea sistemului electroenergetic şi al elementelor sale ca un sistem automat oarecare şi să i se aplice metodele clasice folosite în studiul regimurilor permanente şi al regimurilor dinamice ale sistemelor automate.

Prezenta lucrare îşi propune să analizeze în mod detailat funcţionarea sistemului energetic fără reglaj, cu reglaj primar, mecanic sau electric, cu reglaj secundar, etc, scriindu-se atît ecuaţiile de funcţionare, cît şi schemele structurale ale sistemelor de reglare automată corespunzătoare. Scopul final urmărit este studiul comportării diverselor sisteme în regim dinamic şi în special în cazul unui şoc de putere apărut în unul din sistemele interconectate.

2. Ecuaţiile şi schemele obiectului reglat

Obiectul reglat este în primă analiză grupul maşină primară-generator presupus deocamdată în absenţa oricărui fel de regulator: primar sau secundar. Mărimea ce trebuie reglată: frecvenţa f, depinde de o serie de parametri naturali care la rîndul lor pot varia în mod arbitrar. Ca exemplu de parametri naturali se pot cita: temperatura şi presiunea aburului introdus în turbina cu abur, respectiv presiunea apei la intrarea în turbina hidraulică; cursa ventilului de admisie în maşina primară; impedanţa echivalentă a receptoarelor electrice alimentate de generatorul grupului; excitaţia generatorului, etc. Toţi aceşti parametri naturali pot fi însă grupaţi în doi parametri globali şi anume: puterea mecanică ce se transformă în putere electrică P_{mec} prin transfer din rotorul în statorul generatorului (numită şi putere electromagnetică) şi puterea electrică P_{el} consumată de receptoarele alimentate de generator (inclusiv receptoarele de pierderi electrice în circuitul statoric).

Ecuaţia fundamentală a regimului electromecanic al grupului este:

$$T \frac{d\varepsilon}{dt} = \theta_{el} - \theta_{mec}. \qquad (1)$$

Ea provine din ecuaţia cuplurilor aplicată rotorului în mişcare:

$$M_{mec} - M_{el} = J \frac{d\Omega}{dt} = \frac{J}{p} \frac{d\omega}{dt} \qquad (2)$$

ţinînd cont de definiţiile lui θ_{el} θ_{mec} şi T.

În figura 1 sînt trasate caracteristicile statice naturale ale grupului. Ele arată: dependenţa între mărimea ce trebuie reglată: frecvenţa f sau frecvenţa relativă φ sau abaterea relativă de frecvenţă ε şi parametrii naturali: puterea mecanică P_{mec} sau abaterea relativă a puterii mecanice θ_{mec} şi puterea electrică P_{el} sau abaterea relativă a puterii electrice θ_{el}.

Caracteristicile statice naturale ale puterii mecanice constituie o familie de curbe linearizate, fiecare din aceste curbe presupunîndu-se trasată pentru o anumită deschidere fixă a ventilului de admisie, şi toate curbele fiind valabile pentru aceleaşi valori ale presiunii şi temperaturii aburului şi a celorlalţi parametri

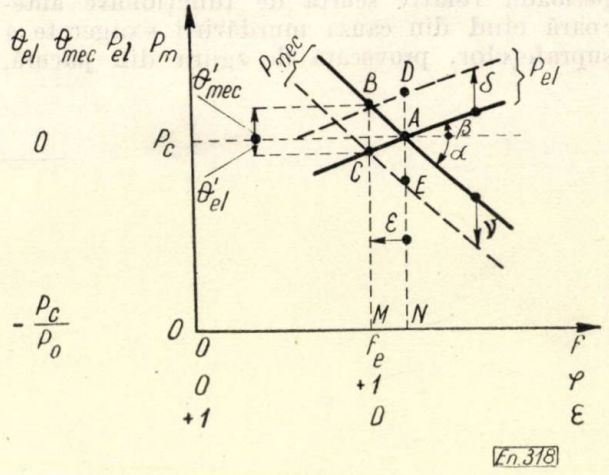


Fig. 1.

de care mai depinde puterea mecanică. Alura curbelor se explică prin faptul că la o deschidere dată a ventilului, turaţia — şi deci frecvenţa — de regim permanent la care se stabileşte funcţio-

narea grupului, este din ce în ce mai mică, cu cît creşte sarcina grupului. Faptul că la o creştere a puterii mecanice cerute de generator, maşina primară este capabilă să-şi sporească puterea mecanică furnizată, deşi turaţia (frecvenţa) scade, implică necesitatea unui spor al cuplului activ al maşinii primare în măsură mai mare decît cea în care se reduce turaţia, şi aceasta în condiţiile unei poziţii neschimbate a ventilului de admisie.

Creşterea cuplului este posibilă datorită creşterii debitului de fluid trecut prin turbină (şi deci a vitezei acestuia deoarece secţiunea vanei rămîne constantă) cînd turaţia turbinei scade.

$\sigma_g = \text{cotg}\ \alpha$ este statismul natural al frecvenţei faţă de puterea mecanică.

Caracteristicile naturale ale puterii electrice constituie de asemenea o familie de curbe linearizate (deoarece de obicei puterea electrică absorbită de receptoare variază cu frecvenţa la un exponent mai mare ca 1), fiecare dintre aceste curbe presupunîndu-se trasată pentru un număr şi structură neschimbată a receptoarelor, alimentate de generator. La adăugirea sau deconectarea unor receptoare curba se deplasează paralel cu ea însăşi în sus sau în jos. Pentru toate curbele se presupune că excitaţia generatorului este menţinută constantă.

$\sigma_s = \text{cotg}\ \beta$ este statismul natural al frecvenţei faţă de sarcina constituită de receptoare. σ_s este suficient de mare şi adesea el poate fi considerat infinit în care caz P_{el} (şi θ_{el}) rămîne constantă la variaţii de frecvenţă.

Conform ecuaţiilor (1) şi (2) un regim permanent caracterizat printr-o frecvenţă f şi viteză unghiulară constante, nu se poate stabili decît la egalitatea lui P_{mec} şi P_{el}, respectiv θ_{mec} şi θ_{el}. Regimul permanent este caracterizat de punctul de intersecţie al caracteristicei statice naturale a puterii mecanice, corespunzătoare poziţiei pe care o are ventilul de admisie şi al caracteristicei statice naturale a puterii electrice, corespunzătoare receptoarelor alimentate de generatorul considerat. Fie un astfel de regim permanent, reprezentat prin punctul A în fig. 1, la care puterea produsă egală cu cea consumată, este P_e (o valoare iniţială faţă de care se măsoară abaterile) şi frecvenţa este frecvenţa de consemn (etalon) f_e. Trebuie subliniat că orice regim permanent, caracterizat printr-un anumit punct de frecvenţă $f(\varphi)$ şi putere $P(\theta)$ nu poate fi realizat decît la o anumită deschidere a ventilului (cea corespunzînd curbei unice din familia P_{mec} ce trece prin punctul dat) şi o anumită componenţă a receptoarelor (corespunzînd curbei unice din familia P_{el} ce trece prin acelaşi punct).

Din regimul permanent reprezentat prin punctul A (fig. 1) se poate ieşi fie prin modificarea sarcinei electrice a grupului, fie prin modificarea puterii mecanice furnizate de maşina primară, fie în fine prin modificarea atît a puterii electrice cît şi a celei mecanice dar în măsură diferită.

Dacă se notează cu θ_{el} şi θ_{mec} abaterile relative de putere electrică şi mecanică faţă de punctul A şi cu abaterea relativă de frecvenţă, se pot scrie relaţiile :

$$\theta_{mec} = \nu + \theta'_{mec} \tag{3}$$

$$\theta_{el} = \delta + \theta'_{el} \tag{4}$$

$$\theta'_{mec} = \frac{\varepsilon}{\sigma_g} \tag{5}$$

$$\theta'_{el} = -\frac{\varepsilon}{\sigma_s} \tag{6}$$

θ'_{mec} şi θ'_{el} sînt variaţiile relative ale puterii mecanice şi electrice, datorate variaţiei frecvenţei; ν şi δ sînt variaţiile relative ale puterii mecanice şi electrice, datorite modificării poziţiei ventilului de admisie, respectiv modificării numărului şi structurii receptoarelor; în fine θ_{mec} şi θ_{el}, definite mai sus, se obţin din însumarea acestor variaţii.

Reluînd ecuaţia fundamentală (1) împreună cu (3)—(6) se obţine

$$Ts\,\varepsilon = (\delta - \nu) - \varepsilon\left(\frac{1}{\sigma_g} + \frac{1}{\sigma_s}\right) = \delta - \nu - \frac{\varepsilon}{\sigma_n} \tag{7}$$

sau

$$\varepsilon = \frac{1}{Ts}\left(\mu - \frac{1}{\sigma_n}\varepsilon\right) \tag{8}$$

unde s-a notat cu :

$$\mu = \delta - \nu \tag{9}$$

$$\frac{1}{\sigma_n} = \frac{1}{\sigma_g} + \frac{1}{\sigma_s}. \tag{10}$$

Din cele de mai sus rezultă că pentru orice frecvenţă (respectiv ε) se poate acoperi orice sarcină electrică (δ) în regim staţionar dacă se modifică în mod convenabil poziţia ventilului de admisie (ν) aşa fel încît

$$\nu = \delta - \frac{1}{\sigma_n}\varepsilon. \tag{11}$$

Cu alte cuvinte variaţia puterii mecanice poate fi mai mică decît variaţia sarcinii, ca urmare a statismului combinat al generatorului şi al sarcinii cu condiţia de a se admite o abatere de frecvenţă. În caz contrar puterea mecanică trebuie să urmărească cu fidelitate puterea electrică.

Dacă egalitatea (11) nu e satisfăcută, sistemul se va afla într-un regim tranzitoriu de accelerare sau decelerare, spre un regim permanent realizabil în altă frecvenţă.

Grupul lipsit de regulator avînd vana de admisie fixată în poziția inițială (punctul A) va avea $\nu = 0$; un astfel de grup va putea funcționa la sarcină electrică variabilă doar cu o abatere de frecvență egală cu:

$$\varepsilon_1 = \sigma_n \delta. \qquad (12)$$

Dacă însă se prevede grupul cu un sistem de reglaj care să acționeze asupra poziției ventilului de admisie (ν variabil) la variații ale sarcinii electrice (δ) atunci se vor putea realiza regimuri permanente de funcționare cu abatere de frecvență mai mică

$$\varepsilon = \varepsilon_1 - \sigma_n \nu < \varepsilon_1 \qquad (13)$$

sau chiar nulă.

Pentru exemplificare se va presupune că se pleacă de la regimul permanent caracterizat de punctul A din figura 1. În acest caz $P_{el} = P_{mec} = P_c = AN$.

Dacă în această situație se dă un șoc de putere electrică δ — adică se racordează brusc consumatorii care la frecvența f_e consumă o putere electrică $P_0 \delta$ — puterea electrică va crește la DN, se va produce o decelerare și dacă poziția ventilului de admisie nu se modifică, se va ajunge la o nouă stare de regim permanent corespunzătoare punctului B. Frecvența a scăzut: abaterea de frecvență este ε_1. Ca urmare a acestui fapt receptorii vor consuma o putere mai mică $BM < DN$ datorită statismului sarcinei. Totodată grupul va furniza o putere mecanică sporită $BM > AN$ datorită statismului natural al grupului.

Pornind tot de la regimul permanent corespunzător punctului A se poate da un șoc * de putere mecanică ν prin modificarea bruscă a poziției ventilului de admisie în turbină. În noua poziție a ventilului și dacă frecvența s-ar menține neschimbată, turbina nu ar mai furniza decît o putere mecanică EN și în consecință se produce de asemenea o decelerare. Considerînd de astă dată că structura receptoarelor a rămas aceeași se va atinge o nouă stare de regim permanent corespunzătoare punctului C. Abaterea de frecvență este tot ε_1 și datorită ei s-a putut realiza o nouă stare de regim permanent față de dezechilibrul de puteri inițial creat. Într-adevăr, puterea electrică consumată de aceleași receptoare scade cu θ'_{el} (de la AN la CM) iar puterea mecanică furnizată de turbină la noua poziție a ventilului crește cu θ'_{mec} (de la EN la CM).

Dacă însă concomitent cu variația puterii electrice δ ar fi avut loc o variație identică a puterii mecanice ν s-ar fi putut obține un nou regim permanent în punctul D sau în E sau în orice alt punct de pe verticala punctului N adică s-ar menține frecvența constantă, indiferent de variațiile sarcinei.

Există însă și posibilitatea unor situații intermediare în care șocul de putere electrică δ

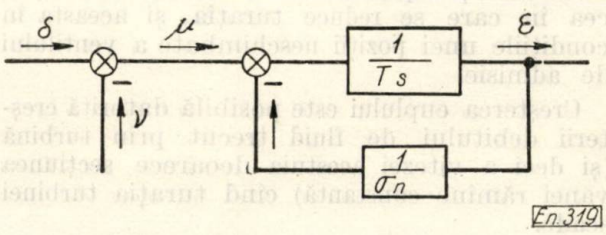


Fig. 2.

să fie preluat doar parțial de o variație corespunzătoare a puterii mecanice, restul preluîndu-se pe seama unei abateri de frecvență mai mică decît în cazurile inițial studiate ($\varepsilon < \varepsilon_1$). Un astfel de caz nu e reprezentat în fig. 1; el poate fi însă cu ușurință imaginat într-un punct avînd abscisa cuprinsă între M și N.

Schema structurală corespunzătoare ecuațiilor (7) și (8) ale sistemului grup: mașină

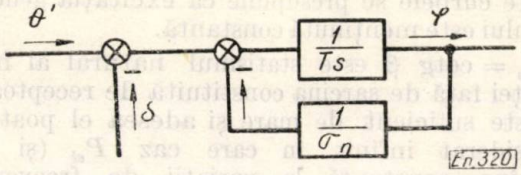


Fig. 3.

primară — generator electric fără reglaj se arată în fig. 2.

Schema bloc a sistemului fără reglaj se poate reprezenta și în forma din fig. 3 (valabilă pentru alte condiții inițiale decît cele din fig. 2).

Într-adevăr rescriind în frecvență ecuația (1) și ținînd cont de (3)—(6) se obține

$$T \frac{d\varphi}{dt} = \nu - \delta + \frac{1}{\sigma_n} - \frac{\varphi}{\sigma_n}. \qquad (14)$$

Aplicînd transformata directă Laplace în condiții inițiale nule pentru φ se obține

$$\varphi = \frac{1}{Ts}\left(\theta' - \delta - \frac{\varphi}{\sigma_n}\right). \qquad (15)$$

3. Ecuațiile și schemele reglajului primar

Prin reglaj primar se înțelege reglajul vitezei agregatelor. Regulatoarele de viteză sînt de două tipuri constructive: mecanice și electrice. În cele de mai jos se vor deduce schemele structurale ale regulatoarelor de viteză ale turbinelor, fără a se intra în detalii excesive. Studiul va

* În acest caz folosirea termenului de „șoc" este mai puțin potrivită deoarece variația puterii mecanice ν aplicate arborelui grupului nu este instantanee în timp ce variația puterii electrice absorbită de la grup δ din situația precedent examinată era practic instantanee.

rămîne aşadar în limitele necesare unei analize a sistemului energetic şi nu se va ocupa de aspecte specifice construcţiei de regulatoare.

3.1. *Regulatorul automat de viteză mecanic*

3.1.1. *Elementul de măsură.* Se consideră elementul de măsură al regulatorului reprezentat schematic în figura 4.

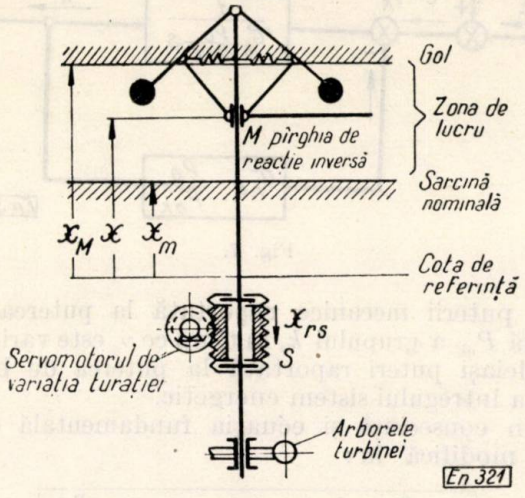


Fig. 4.

Poziţia iniţială a regulatorului este cea corespunzătoare stării de regim permanent în care frecvenţa este egală cu puterea program P_c : deci $f = f_e$ şi $\nu = 0$. În această poziţie pîrghia principală a regulatorului (vezi fig. 5) ocupă poziţia $M_0N_0P_0$.

Dacă se presupune acum că frecvenţa variază, fără ca motoraşul servomotorului regulatorului să fie acţionat (punctele R şi S fixe) punctul M se va deplasa din poziţia M_0 şi în anumite limite de variaţie normală (zona de lucru) cota x a punctului M poate fi considerată proporţională cu frecvenţa (turaţia). Cota de referinţă pentru x se obţine prin extrapolarea poziţiei punctului M — în presupunerea menţinerii linearităţii şi în afara zonei de lucru — pînă cînd frecvenţa devine nulă, deci maşina e în repaus. Cu x_0 se notează cota punctului M_0 (poziţia iniţială descrisă mai sus).

Dar cota x a punctului M poate fi modificată şi păstrînd frecvenţa neschimbată, dar deplasînd punctele S şi R (fig. 4) prin acţionarea servomotorului regulatorului. Dacă se notează cu x_{rs} deplasarea mufei regulatorului (punctul 3) din poziţia iniţială definită mai sus (stare de regim permanent la $f = f_e$ şi $\nu = 0$) atunci se poate scrie ţinînd seama de sensuri :

$$x_0 = k_f \cdot f_e \tag{16}$$

$$x = k_f \cdot f - x_{rs} \tag{17}$$

$$\Delta x = x - x_0 = - x_{rs} + k_f\,(f - f_e). \tag{18}$$

Notînd

$$\xi = \frac{x_{rs}}{x_0}$$

rezultă :

$$\frac{\Delta x}{x_0} = - \xi - \varepsilon. \tag{19}$$

3.1.2. *Legătura de reacţie inversă.* Legătura de reacţie inversă este realizată prin solidarizarea servomotorului principal cu pîrghia principală a regulatorului care leagă organul de măsură (M) cu dispozitivul (N) cu servomotorul principal şi cu ventilul de admisie în maşina primară (P) (figura 5).

Din asemănarea triunghiurilor rezultă succesiv :

$$\frac{\Delta x - \Delta y}{l_1} = \frac{\Delta y - \Delta z}{l_2} \tag{20}$$

$$l_2 \Delta x + l_1 \Delta z = l_0 \Delta y \tag{21}$$

$$\frac{\Delta x}{x_0} + \frac{l_1 z_0}{l_2 x_0} \cdot \frac{\Delta z}{z_0} = \frac{l_0}{l_2 x_0} \cdot \Delta y$$

Notînd :

$$\frac{l_0}{l_2 x_0} \Delta y = \eta \tag{22}$$

$$\frac{l_1 z_0}{l_2 x_0} = \sigma_r \tag{23}$$

$$\frac{\Delta z}{z_0} = \zeta \tag{24}$$

şi ţinînd cont de (19); (21) se transformă în relaţia :

$$\sigma_r\, \zeta = \eta + \xi + \varepsilon. \tag{25}$$

Deplasarea z a pistonului servomotorului este măsurată faţă de poziţia în care ventilul de admisie este complet închis. Poziţia pîrghiei la care $z = z_c$ (punctul P_0 în fig. 5) corespunde unei astfel de poziţii a ventilului de admisie încît maşina primară să furnizeze un regim permanent la turaţia corespunzătoare frecvenţei etalon f_e, o putere mecanică P_c

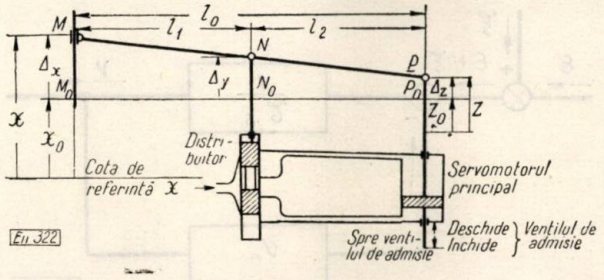


Fig. 5.

(punctul A din fig. 1), iar în poziţia la care $z = z_0$ se obţine puterea mecanică P_0.

Deplasrea relativă $\zeta = \frac{\Delta z}{z_0} = \frac{z - z_c}{z_0}$ faţă de poziţia punctului P_0 (fig. 5) va fi deci egală

și de același sens (la mărirea lui z ventilul se deschide) cu variația relativă ν a puterii mecanice față de cea a punctului A (fig. 1) datorită cursei ventilului de admisie de frecvență constantă f_e Așadar:

$$\zeta = \nu. \tag{26}$$

3.1.3. *Servomotorul principal.* Viteza de deplasare a pistonului servomotorului principal — și deci și a ventilului de admisie — este proporțională conform teoremei lui Bernoulli cu deschiderea distribuitorului (deplasarea punctului N în fig. 7). Prin urmare, ținînd cont că la $\Delta y = 0$ ventilul se închide, avem:

$$\frac{d\Delta z}{dt} = -K\Delta y \tag{27}$$

sau

$$-\frac{1}{K}\cdot\frac{l_0 z_0}{l_2 x_0}\cdot\frac{d\frac{\Delta z}{z_0}}{dt} = \frac{l_0}{l_2 x_0}\Delta y \tag{28}$$

sau în fine:

$$-\tau\frac{d\zeta}{dt} = \eta \tag{29}$$

unde s-a notat cu:

$$\tau = \frac{1}{K}\cdot\frac{l_0 z_0}{l_2 x_0}. \tag{30}$$

3.1.4. *Ecuația fundamentală a regulatorului mecanic de viteză* al unui agregat izolat.

Din combinarea relațiilor (19), (25), (26) și (29) se obține ecuația fundamentală a regulatorului mecanic de viteză

$$\boxed{\nu = \frac{1}{\tau s}(\xi + \varepsilon - \sigma_r \nu)} \tag{31}$$

Acestei ecuații îi corespunde schema din fig. 6.

3.1.5. *Cazul unui sistem electroenergetic cu mai multe agregate prevăzute cu regulatoare de viteză mecanice funcționînd în paralel.* Fie în

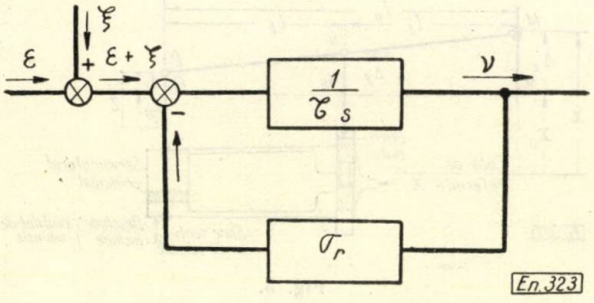


Fig. 6.

grupuri funcționînd în paralel, pentru grupul de ordinul k ($k = 1,2,\ldots,n$); relațiile anterioare (22), (23), (24), (25), (29), (30) rămîn valabile, toate mărimile fiind afectate de indicele k.

Relația (26) se modifică în:

$$\zeta_k = \nu_k\cdot\frac{P_e}{P_{ok}} \tag{26$_1$}$$

deoarece variația relativă a cursei ventilului de admisie este egală în valoare absolută cu varia-

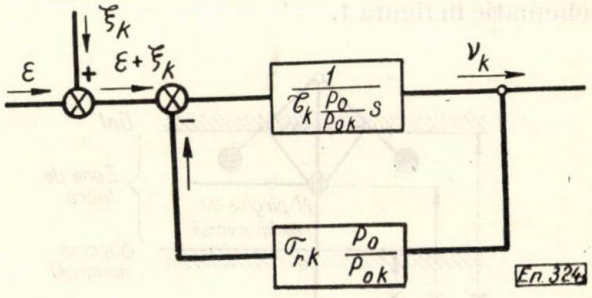


Fig. 7.

ția puterii mecanice raportată la puterea de bază P_{ok} a grupului k, în timp ce ν_k este variația aceleiași puteri raportată la puterea de bază P_o a întregului sistem energetic.

În consecință și ecuația fundamentală (31) se modifică în:

$$\boxed{\nu_k\frac{P_0}{P_{0k}} = \frac{1}{\tau_k s}\left(\xi_k + \varepsilon - \sigma_{rk}\nu_k\frac{P_0}{P_{0k}}\right)} \tag{31$_1$}$$

Acestei ecuații îi corespunde schema arătată în figura 7.

Funcția de transfer a sistemului închis obținută din (31$_1$) este:

$$\frac{\nu_k}{\varepsilon + \xi_k} = \frac{1}{\sigma_{rk}\frac{P_0}{P_{0k}}}\cdot\frac{1}{1+\frac{\tau_k}{\sigma_{rk}}s}. \tag{32}$$

Valoarea raportului $\frac{\tau_k}{\sigma_{rk}}$ se poate considera aceeași pentru toate grupurile; ea se notează cu τ_s și se calculează din (30) și (23):

$$\frac{\tau_k}{\sigma_{rk}} = \frac{\frac{1}{K_k}\frac{l_{0k}z_{0k}}{l_{2k}x_{0k}}}{\frac{l_{1k}}{l_{2k}}\cdot\frac{z_{0k}}{x_{0k}}} = \frac{1}{K_k}\cdot\frac{l_{0k}}{l_{1k}} \cong \text{const.} = \tau_s. \tag{33}$$

Funcția de transfer (32) devine astfel:

$$\frac{\nu_k}{\varepsilon + \xi_k} = \frac{1}{\sigma_{rk}\frac{P_0}{P_{0k}}}\cdot\frac{1}{1+\tau_s s}. \tag{34}$$

În expresiile (34) ale diferitelor agregate se va presupune că $\xi_k = \xi$ adică deplasarea mufei regulatoarelor, respectiv deplasarea prin translație a caracteristicei regulatoarelor primare, este aceeași la toate grupurile (respectiv la toate grupurile prevăzute cu reglaj secundar) fiind comandată de reglajul secundar *.

* pentru simplificare.

În acest caz și ținînd cont că $\nu = \sum_{k=1}^{k=n} \nu_k$ deoarece ν reprezintă variația puterii mecanice ca urmare a deplasării ventilelor de admisie la toate agregatele sistemului, atît ν cît și ν_k

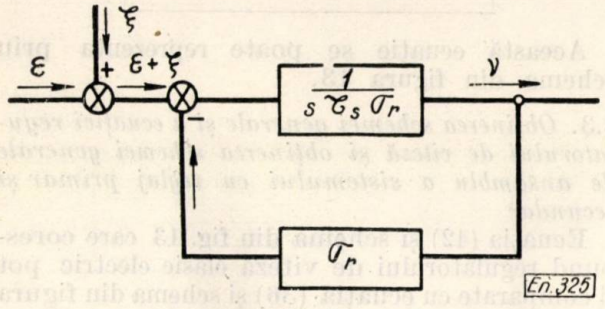


Fig. 8.

fiind raportate la aceeași putere de bază P_0, se obține

$$\nu = \frac{1}{\sigma_r} \cdot \frac{1}{1+\tau_s s} \cdot (\varepsilon + \xi) \qquad (35)$$

sau

$$\nu = \frac{1}{\sigma_r \tau_s \cdot s} (\varepsilon + \xi - \sigma_r \cdot \nu) \qquad (36)$$

unde

$$\sigma_r = \frac{1}{\sum_{k=1}^{k=n} \frac{1}{\sigma_{rk} \frac{P_o}{P_{ok}}}} \qquad (37)$$

este de astă dată statismul regulatorului echivalent al agregatului echivalent al întregului sistem (respectiv al părții acționate de reglajul secundar).

Ecuației fundamentale (36) a regulatorului mecanic de viteză echivalent al sistemului îi corespunde schema din figura 8.

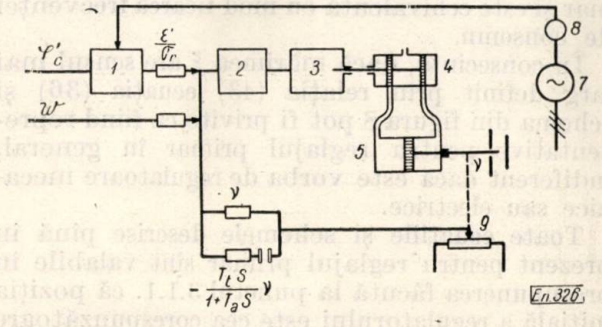


Fig. 9.

3.2. *Regulatorul automat de viteză electric*

În ultimul timp într-o serie de țări (Elveția, Suedia etc.) s-au introdus și se extind regulatoare automate de viteză electrice și electronice. Acestea au un important avantaj față de cele mecanice deoarece gradul lor de insensibilitate este mult mai mic decît la cele mecanice. Datorită acestui fapt, se poate ajunge chiar la renunțarea la un reglaj secundar deoarece reglajul primar se poate realiza în condițiile unei repartiții bine determinate și stabile a sarcinii între agregate, caracteristicile de reglaj fiind totuși aproape astatice (grad de statism de fracțiuni de procent).

În vederea unor performanțe cît mai bune, regulatoarele electrice se fac de tip *PD* prin procedeul statismului tranzitoriu (fig. 9) și al dozajului accelerotachimetric (fig. 10).

Din aceste două figuri se poate deduce principiul de funcționare al unui regulator de viteză electric. Într-un astfel de regulator se suprapun trei semnale și anume :

— un semnal depinzînd de abaterea relativă de frecvență față de consemn (ε') realizată în elementul de măsură *1* ;

— un semnal *W* dat de regulatorul secundar ;

— un semnal depinzînd de puterea mecanică a agregatului (deschiderea ventilului de admisie în turbină).

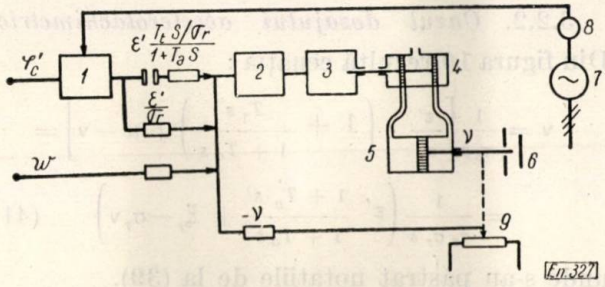


Fig. 10.

Primele două semnale se însumează și al treilea se scade din ele ; semnalul rezultant atacă prin intermediul unui etaj amplificator *2* un traductor electromecanic *3* care comandă deplasarea distribuitorului *4*. Acesta la rîndul său, la fel ca în regulatorul mecanic acționează, atunci cînd este deplasat din poziția sa de echilibru într-un sens sau celălalt, deplasarea servomotorului principal *5* și deci a ventilului de admisie *6*. Traductorul *9* dă o reprezentare electrică variației relative a puterii mecanice.

În cele două cazuri se montează o rețea corectoare și anume :

— pe intrarea de la semnalul provenind de la puterea mecanică, în cazul statismului tranzitoriu ;

— pe intrarea de la abaterea de frecvență în cazul dozajului accelerotachimetric.

3.2.1. *Cazul statismului tranzitoriu* T_t. Din figura 9 rezultă ecuația :

$$\nu = \frac{1}{\tau_s s}\left[\left(\frac{\varepsilon'}{\sigma_r} + w\right) - \nu\left(1 + \frac{T_t \cdot s}{1 + T_a s}\right)\right] =$$

$$= \frac{1}{\tau_s \sigma_r s}\left[(\varepsilon' + \xi_r) - \nu\sigma_r \frac{1 + T_a' \cdot s}{1 + T_a \cdot s}\right] \qquad (38)$$

unde

$$T_a' = T_a + T_t \text{ și } \xi_r = \sigma_r w \qquad (39)$$

$\tau_s\ \sigma_r$ este constanta de timp a elementului integrator (servomotorul principal al ventilului de admisie).

Ecuației (32) îi corespunde schema din figura 11.

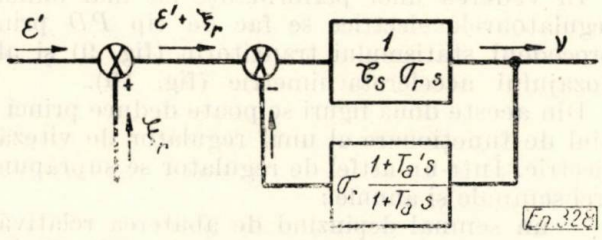


Fig. 11.

Funcția de transfer a regulatorului este:

$$\frac{\nu}{\varepsilon' + \xi_r} = \frac{1 + T_t s}{\sigma_r\,[1 + (T_a' + \tau_s)\,s + \tau_s\,T_a\,s^2]}. \qquad (40)$$

3.2.2. *Cazul dozajului accelerotachimetric.* Din figura 10 rezultă ecuația:

$$\nu = \frac{1}{\tau_s s}\left[\frac{\varepsilon'}{\sigma_r} \cdot \left(1 + \frac{T_1 s}{1 + T_a s}\right) + w - \nu\right] =$$

$$= \frac{1}{\tau_s\,\sigma_r\,s}\left(\varepsilon' \frac{1 + T_a' \cdot s}{1 + T_a s} + \xi_r - \sigma_r \nu\right) \qquad (41)$$

unde s-au păstrat notațiile de la (39).

Ecuației (41) îi corespunde schema din fig. 12.

Trebuie menționat că regulatoarele electrice posedă de asemenea sisteme de corectare a valorii τ_s astfel ca aceasta să fie o constantă de timp generală a tuturor regulatoarelor de viteză electrice din sistem. Aceste stabilizări se realizează fie creînd o dependență suplimentară de deplasarea pistonului, fie introducînd rețele corectoare dinamice.

3.2.3. *Cazul regulatorului electric simplu.* Dacă regulatorul electric nu are rețea corectoare nici pe intrarea de la semnalul abaterii de frecvență, nici pe cea de la puterea mecanică avem de a face cu un regulator de viteză electric simplu

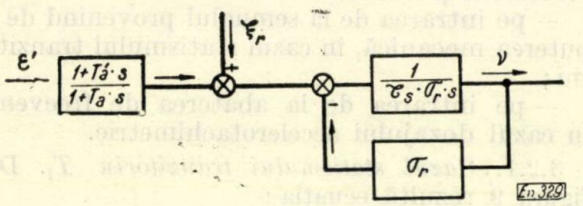


Fig. 12.

deoarece nu posedă nici statism tranzitoriu, nici dozaj accelerotachimetric.

Ecuația regulatorului electric simplu se obține din ecuațiile (38) sau (41) respectiv schema sa din schemele reprezentate în figura 11 și 12 prin eliminarea efectului rețelei corectoare.

Se obține ecuația:

$$\boxed{\nu = \frac{1}{\tau_s\,\sigma_r\,s}(\varepsilon' + \xi_r - \sigma_r\,\nu).} \qquad (42)$$

Această ecuație se poate reprezenta prin schema din figura 13.

3.3. *Obținerea schemei generale și a ecuației regulatorului de viteză și obținerea schemei generale de ansamblu a sistemului cu reglaj primar și secundar*

Ecuația (42) și schema din fig. 13 care corespund regulatorului de viteză clasic electric pot fi comparate cu ecuația (36) și schema din figura 8 care corespund regulatorului de viteză echivalent mecanic.

Se observă că aceste ecuații și scheme sînt echivalente deoarece:

$$\xi = \varepsilon_c + \xi_r \qquad (43)$$

$$\varepsilon + \xi = \varepsilon' + \xi_r \qquad (44)$$

Într-adevăr, ecuația (43) are următoarea semnificație: deplasarea mufei regulatorului mecanic (ξ) este echivalentă cu suprapunerea peste modificarea frecvenței de consemn (ε_c) a

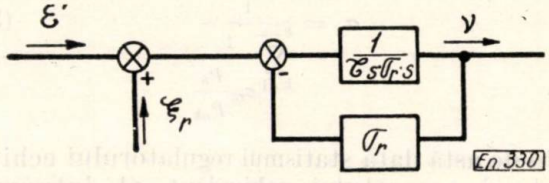


Fig. 13.

acțiunii reglajului secundar (ξ_c), fapt care corespunde realității deoarece la regulatoarele de viteză mecanice reglajul secundar acționează tocmai prin deplasarea mufei regulatorului primar și este echivalentă cu mod ficarea frecvenței de consemn.

În consecință, dacă mărimea ξ are sensul mai larg definit prin relația (43) ecuația (36) și schema din figura 8 pot fi privite ca fiind reprezentative pentru reglajul primar în general, indiferent dacă este vorba de regulatoare mecanice sau electrice.

Toate ecuațiile și schemele descrise pînă în prezent pentru reglajul primar sînt valabile în presupunerea făcută la punctul 3.1.1. că poziția inițială a regulatorului este cea corespunzătoare stării de regim permanent în care frecvența e egală cu frecvența etalon și puterea mecanică e egală cu puterea program P_c ($f_0 = f_e$; $P_{mec} = P_{el} = P_c$; $\varepsilon_0 = \varepsilon_{c0} = \xi_{r0} = \xi_0 = \nu_0 = 0$.

Pentru a mări gradul de generalitate se poate presupune însă că se pleacă de la un alt regim permanent decît cel corespunzător punctului A din figura 1. Fie $f_0 \neq f_e$ (respectiv $\varphi_0 \neq 1$)

frecvența acestui regim permanent inițial, căruia îi corespunde o abatere de frecvență față de etalon inițială $\varepsilon_0 \neq 0$. Fie de asemenea $\xi_0 = \varepsilon_{c0} + \xi_{r0}$ mărimea rezultantă din abaterea inițială a frecvenței de consemn (ε_{c0}) și acțiunea

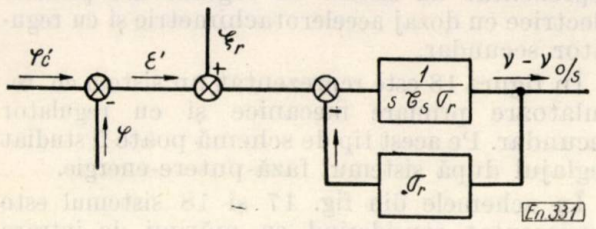


Fig. 14.

inițială a regulatorului secundar (ξ_{r0}). În aceste condiții și poziția inițială a vanei de admisie (mărimea de ieșire din regulator) corespunde unei valori $\nu_0 \neq 0$ a parametrului ν.

Pentru ca starea inițială a regulatorului să corespundă unui regim permanent al acestuia este necesară condiția (vezi fig. 8)

$$\varepsilon_0 + \xi_0 - \sigma_r \nu_0 = 0 \qquad (45)$$

care cu (43) dă :

$$\varepsilon_0 + \varepsilon_{c0} + \xi_{r0} - \sigma_r \nu_0 = \varepsilon_0' + \xi_{r0} - \sigma_r \nu_0 =$$
$$= \varphi_{c0}' - \varphi_0 + \xi_{r0} - \sigma_r \nu_0 = 0 \qquad (46)$$

Acest caz general poate fi particularizat pentru altă situație inițială decît cea considerată mai sus (punctul A din fig. 1) și anume pentru cazul în care sistemul pornește de la o stare inițială de repaus la care se ajunge prin modificarea continuă a stării corespunzătoare punctului A, fără a se modifica structura și cuantumul sarcinii electrice și presupunînd linearitatea caracteristicilor în tot domeniul de frecvențe cuprins între f și O (fig. 1).

O astfel de stare inițială este deci caracterizată prin valorile :

$$\varphi_0 = 0 \; ; \varphi_{c0}' + \xi_{r0} = -\frac{\sigma_r}{\sigma_n} \; ; \; \delta_0 = 0 \; ; \; \nu_0 = -\frac{1}{\sigma_n}$$

care corespund premizelor de mai sus și satisfac totodată și condițiile (48) și (49).

În acest caz mărimea de ieșire din regulator (fig. 14) devine $\nu - \frac{\nu_0}{s} = \nu + \frac{1}{\sigma_n s} = \theta'$, adică tocmai mărimea de intrare în agregatul reprezentat conform schemei din fig. 3.

În cele ce urmează se vor adopta aceste ultime presupuneri datorită cărora se poate ajunge la schema completă generală a agregatului prevăzut cu reglaj primar arătată în figura 15 și care provine din reunirea schemei

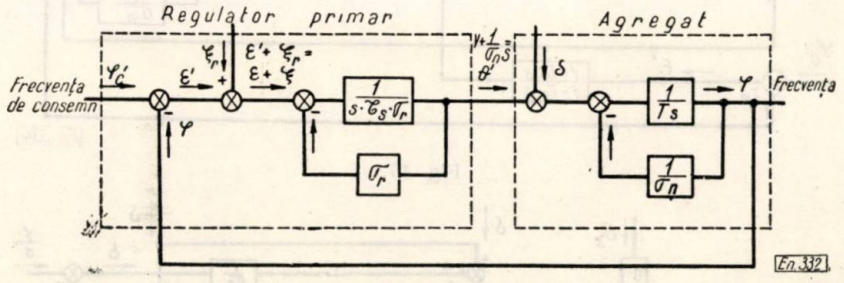


Fig. 15.

Pentru acest caz general schema structurală a regulatorului primar este dată în figura 14.

Pe de altă parte, din ecuația (7) sau fig. 2 pentru ca regimul inițial al regulatorului primar să corespundă și unui regim permanent al agregatului rezultă condiția :

$$\delta_0 - \nu_0 + \frac{\varepsilon_0}{\sigma_r} = \delta_0 - \nu_0 + \frac{1}{\sigma_n} - \frac{\varphi_0}{\sigma_n} = 0. \qquad (47)$$

Sistemul de 2 ecuații (46) și (47) cu 5 necunoscute ν_0, δ_0, φ_0, φ_{c0}', ξ_{r0} permite rezolvarea a două dintre ele : ν_0 și φ_0 în funcție de celelalte trei : δ_0, φ_{c0}', ξ_{r0}

$$\varphi_0 = \frac{(\varphi_{c0}' \xi_{r0})\,\sigma_n - \sigma_r\,\sigma_n\,\delta_0 + \sigma_r}{\sigma_r + \sigma_n} \qquad (48)$$

și

$$\nu_0 = \frac{\delta_0\,\sigma_n - 1 + \varphi_{c0}' + \xi_{r0}}{\sigma_r + \sigma_n}. \qquad (49)$$

agregatului fără reglaj (fig. 3) și cea a regulatorului primar (fig. 14).

4. Ecuațiile și schema reglajului secundar

În capitolul precedent s-a ținut seama de posibilitatea introducerii reglajului secundar (mărimea ξ_r). Această mărime de comandă a reglajului secundar este făcută dependentă de frecvența în sistem, de puterea de schimb a sistemului cu alte sisteme energetice, cît și eventual de puterea produsă în agregatele reglante din sistem.

Ecuația care exprimă mărimea de comandă este de tipul :

$$\xi_r'' = (\varepsilon'' - \sigma\theta_s)\left(\frac{\alpha}{s} + \beta + \gamma s\right) \qquad (50)$$

sau eventual

$$\xi_r'' = [\varepsilon''(1+\rho s) - \sigma\theta_s]\left(\frac{\alpha}{s} + \beta + \gamma s\right) \quad (51)$$

a cărei schemă structurală este dată în fig. 16.

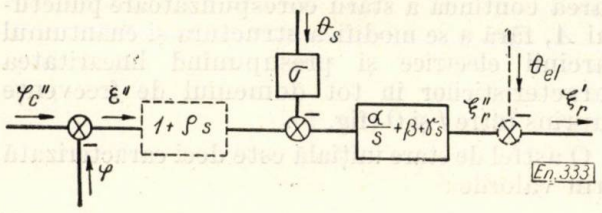


Fig. 16.

Se subliniază că această schemă se poate realiza fie cu mijloace analoage, fie numerice.

5. Scheme globale echivalente pentru sisteme prevăzute cu reglaj primar și secundar

Pentru studiul comportării în regim dinamic a unui sistem energetic prevăzut atît cu reglaj primar cît și secundar se realizează o schemă globală prin combinarea schemelor agregatului echivalent a regulatorului primar echivalent și a regulatorului secundar echivalent, ținîndu-se cont de caracteristicile proprii ale fiecăreia dintre schemele parțiale. Astfel în figura 17 este reprezentat un sistem cu regulatoare primare electrice cu dozaj accelerotachimetric și cu regulator secundar.

În figura 18 este reprezentat un sistem cu regulatoare primare mecanice și cu regulator secundar. Pe acest tip de schemă poate fi studiat reglajul după sistemul fază-putere-energie.

În schemele din fig. 17 și 18 sistemul este reprezentat considerînd ca mărimi de intrare φ_c' și φ_c'' (frecvențele de consemn ale reglajului primar și secundar) și ca mărimi de ieșire frecvența sistemului φ și puterea schimbată cu alte sisteme.

Puterea electrică consumată în sistem θ_{el} este mărimea perturbatoare. Acest gen de scheme este potrivit pentru studiul sistemului din punct de vedere al teoriei reglării automate.

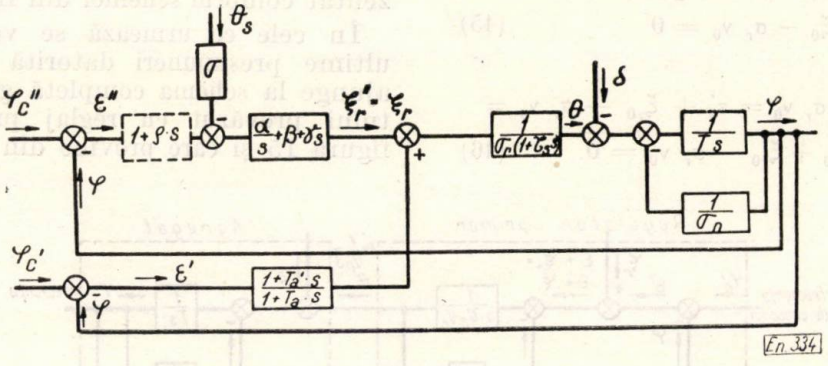


Fig. 17.

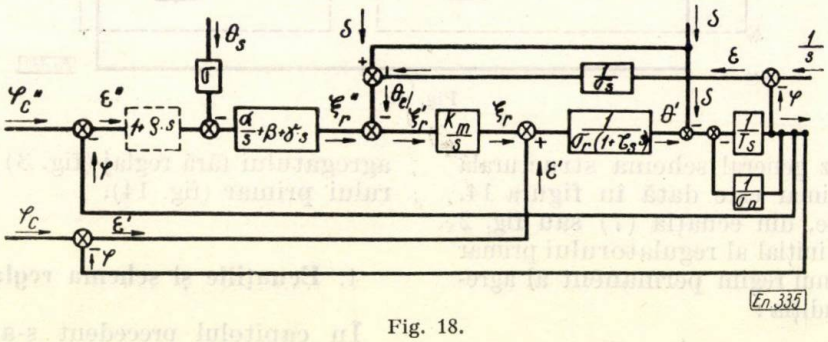


Fig. 18.

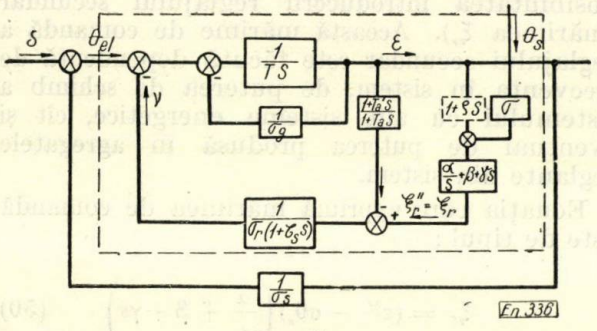


Fig. 19.

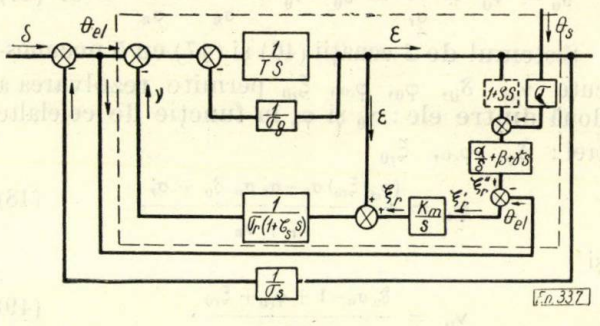


Fig. 20.

Pentru considerarea regimurilor dinamice ale sistemului energetic prezintă însă interes reprezentarea schemelor în așa fel încît mărimea de intrare să fie puterea θ_{el} și mărimea de ieșire abaterea de frecvență ε în presupunerea că $\varphi'_c = \varphi''_c = 1$. În conformitate cu cele arătate, schemele din fig. 17 și 18 pot fi refigurate ca în fig. 19 și 20.

6. Schema structurală de funcționare a două sisteme energetice interconectate

Se consideră două sisteme interconectate (*1* și *2*). În ipoteza că se produce un șoc de putere electrică Δ în sistemul *1*, schema structurală a interconexiunii este reprezentabilă ca în fig. 21. În această figură, cele două sisteme sînt reprezentate schematic prin dreptunghiuri, corespunzînd celor trasate cu linie întreruptă în fig. 19 și 20. Legătura cu linie întreruptă din fig. 21 este valabilă numai pentru cazul reglajului fază — putere — energie (fig. 20).

Ținînd cont de reprezentarea celor două sisteme, presupuse a fi prevăzute cu reglaj fază — putere — energie, conform cu fig. 20 și 21, se obține:

$$\left(-\left(\left((\varepsilon+\sigma_1\theta_s)\left(\frac{\alpha_1}{s}+\beta_1+\gamma_1 s\right)-\delta_1+\frac{1}{\tau_{s_0}}\varepsilon\right)\frac{k_m}{s}+\right.\right.$$

$$\left.\left.+\varepsilon\right)\frac{1}{\sigma_{r_1}(1+\tau_{s_1}s)}+\delta_1-\frac{1}{\sigma_{s_1}}\varepsilon\right)\frac{\sigma_{g_1}}{1+T_1\sigma_{g_1}s}=\varepsilon \quad (52)$$

$$\left(-\left(\left((\varepsilon-\sigma_2\theta_s)\left(\frac{\alpha_2}{s}+\beta_2+\gamma_2 s\right)-\theta_s\right)\frac{k_m}{s}+\right.\right.$$

$$\left.\left.+\varepsilon\right)\frac{1}{\sigma_{r_2})\,1+\tau_{s_2}s)}+\theta_s\right)\frac{\sigma_{g_2}}{1+T_2\sigma_{g_2}s}=\varepsilon \quad (53)$$

$$\delta_1=\Delta-\delta_2=\Delta-\theta_s-\frac{\varepsilon}{\sigma_{s_2}}. \quad (54)$$

Ținînd cont de (54) rezultă (55) și (56).

$$A_1(s)\,\varepsilon+B_1(s)\,\theta_s=sC_1(s)\,\Delta \quad (55)$$

$$A_2(s)\,\varepsilon-B_2(s)\,\theta_s=0 \quad (56)$$

în care:

$$A_1(s)=\alpha_1 k_{m_1}\sigma_s\sigma_{g_1}+k_{m_1}\sigma_{g_1}(1+\sigma_s\beta_1)s+$$

$$+(k_{m_1}\sigma_s\sigma_{g_1}\gamma_1+k_{m_1}\sigma_{g_1}\sigma_{r_1}+\sigma_{r_1}\sigma_s)s^2+)k_{m_1}\sigma_{g_1}\sigma_{r_1}\tau_{s_1}+$$

$$+\sigma_{r_1}\sigma_s(T_1\sigma_{g_1}+\tau_{s_1}))\,s^3+T_1\sigma_{g_1}\sigma_{r_1}\sigma_s\tau_{s_1}s^4$$

$$B_1(s)=\sigma_s\sigma_{g1}\sigma_1 k_{m_1}\alpha_1+k_{m_1}\sigma_{g_1}\sigma_s(\sigma_1\beta_1+1)s+$$

$$+\sigma_s\sigma_{g_1}(\sigma_1 k_{m_1}\gamma_1+\sigma_{r_1})\sigma_s\sigma_{g_1}s^2+\sigma_{r_1}\sigma_s\sigma_{g_1}\tau_{s_1}s^3$$

$$C_1(s)=s\sigma_s\sigma_{g_1}(k_{m_1}+s\sigma_{r_1}+s^2\sigma_{r_1}\tau_{s_1})$$

$$A_2(s)=\alpha_2 k_{m_2}\sigma_{g_2'}+\beta_2 k_{m_2}\sigma_{g_2}s+(\gamma_2 k_{m_2}\sigma_{g_2}+\sigma_{r_2}+$$

$$+\sigma_{g_2})\,s^2+\sigma_{r_2}(\sigma_2\sigma_{g_2}+\tau_{s_2})\,s^3+\sigma_{r_2}T_2\sigma_{g_2}\tau_{s_2}s^4 \quad (57)$$

$$B_2(s)=\sigma_{g_2}\sigma_2 k_{m_2}\alpha_2+(\sigma_2\beta_2+1)\sigma_{g_2}k_{m_2}s+$$

$$+\sigma_{g_2}(\sigma_2 k_{m_2}\gamma_2+\sigma_{r_2})\,s^2+\sigma_{r_2}\sigma_{g_2}\tau_{s_2}s^3.$$

Rezolvînd ecuațiile (55) și (56), se obține în definitiv:

$$\varepsilon=\frac{s\,C_1(S)\,B_2(s)}{A_1(s)B_2(s)+A_2(s)B_1(s)}\Delta, \quad (58)$$

$$\theta_s=\frac{s\,C_1(s)\,A_2(s)}{A_1(s)\,B_2(s)+A_2(s)\,B_1(s)}\Delta. \quad (59)$$

În cazul unui șoc unitar $\Delta=\frac{1}{s}$ aplicînd teorema valorii finale, se obține:

$$\varepsilon_\infty=0, \quad (58_1)$$

$$\theta_{s\infty}=0. \quad (59_1)$$

Pentru determinarea valorilor inițiale, imediat după producerea șocului, se aplică teorema valorii inițiale, obținîndu-se:

$$\varepsilon_0=0 \quad (58_2)$$

$$\theta_{s_0}=\frac{T_2}{T_1+T_2}. \quad (59_2)$$

De asemenea:

$$\theta_{el_{10}}=1-\theta_{s_0}=\frac{T_1}{T_1+T_2}. \quad (60)$$

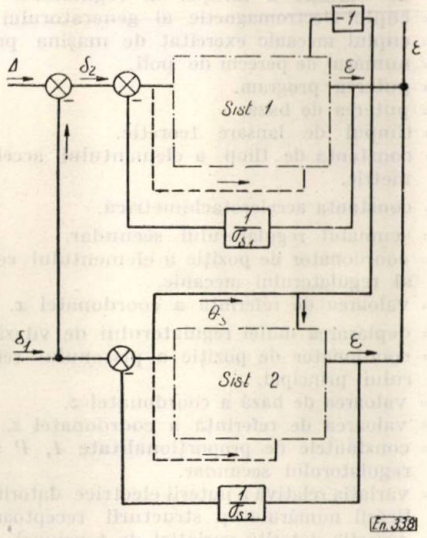


Fig. 21

Concluzii

1. Se constată că în regim staționar, după un șoc de putere, atît frecvența cît și puterea de schimb revin la valorile de consemn. Astfel că șocul de putere este preluat integral în final de către sistemul în care a apărut perturbarea.

2. Despre așa-zisul principiu al neintervenției sau al caracteristicilor de rețea (Darrieus) nu se poate vorbi, întrucît nu se poate găsi o valoare constantă a lui σ_2 pentru care binomul de reglaj al celui de al doilea sistem automat să fie nul în tot timpul regimului tranzitoriu.

3. Şocul de putere în primul moment se repartizează proporţional cu timpii de lansare ai celor două sisteme. De fapt, nici acest lucru nu este absolut exact; repartiţia în primul moment este condiţionată doar de regimul electric staţionar anterior. Acest lucru poate fi pus în evidenţă deosebit de sugestiv prin procedeul de analiză grafică Dimo.

4. Studiul regimurilor dinamice ale frecvenţei şi puterii de schimb, ţinînd seama de repartiţia reală a şocului, cît şi de interdependenţa electrică dintre grupuri, bazat pe procedeul analizorului grafic, va face obiectul altui articol.

ANEXA

Notaţii folosite în lucrare

Notaţiile folosite în lucrare sînt următoarele:

f = frecvenţa reţelei (valoare instantanee).
f_c' = frecvenţa de consemn a regulatorului primar.
f_c'' = frecvenţa de consemn a regulatorului secundar.
f_e = frecvenţa etalon.
J = momentul de inerţie al agregatului.
K = constanta de proporţionalitate a servomotorului principal al regulatorului mecanic.
k_f = constanta de proporţionalitate a elementului de măsură al regulatorului mecanic.
k_m = constanta de proporţionalitate a servomotoului de variaţie a turaţiei la regulatorul mecanic.
M_{el} = cuplul electromagnetic al generatorului sincron.
M_{mec} = cuplul mecanic exercitat de maşina primară.
p = numărul de perechi de poli.
P_c = puterea program.
P_0 = puterea de bază.
T = timpul de lansare teoretic.
T_a = constanta de timp a elementului accelerotachimetric.
T_a' = constanta accelerotachimetrică.
w = semnalul regulatorului secundar.
x = coordonator de poziţie a elementului centrifugal al regulatorului mecanic.
x_0 = valoarea de referinţă a coordonatei x.
x_{rs} = deplasarea mufei regulatorului de viteză.
z = coordonator de poziţie a pistonului servomotorului principal.
z_0 = valoarea de bază a coordonatei z.
z_c = valoarea de referinţă a coordonatei z.
α, β, γ = constantele de proporţionalitate I, P şi D ale regulatorului secundar.
δ = variaţia relativă a puterii electrice datorită modificării numărului şi structurii receptoarelor (cu corecţia datorită variaţiei de tensiune).
Δ = şocul de putere relativă.
ε = abaterea relativă a frecvenţei instantanee faţă de etalon.
ε' = abaterea relativă a frecvenţei instantee faţă de frecvenţa de consemn a regulatorului primar.
ε'' = idem, la regulatorului secundar.
ε_1 = abaterea naturală de frecvenţă (în absenţa oricărui reglaj).
ε_c' = abaterea relativă de frecvenţă a consumului regulatorului primar faţă de etalon.
ε_{c1}'' = idem, la regulatorul secundar.
ζ = deplasarea relativă a pistonului servomotorului principal.
η = deplasarea relativă a distribuitorului.
$\theta' = \nu + \frac{1}{\sigma_n}$.
θ_{el} = abaterea relativă a puterii electrice.
θ_{el}' = idem, datorită variaţiei frecvenţei.
θ_{mec} = abaterea relativă a puterii mecanice.
θ_{mec}' = idem, datorită variaţiei frecvenţei.
θ_s = variaţia relativă a puterii de schimb.
$\mu = \delta - \nu$
ν = variaţia relativă a puterii mecanice datorită modificării admisiei.
ξ = deplasarea relativă a mufei regulatorului de viteză.
ξ_r = acţiunea relativă a reglajului secundar asupra mufei regulatorului primar mecanic, sau asupra amplificatorului intermediar al regulatorului primar electric.
ξ_r' = acţiunea relativă a regulatorului secundar corectată în funcţie de puterea electrică.
ξ_r'' = acţiunea relativă a regulatorului secundar.
ρ = coeficientul de proporţionalitate al elementului derivativ de frecvenţă al regulatorului secundar.
σ = factorul de echivalenţă frecvenţă — putere de schimb.
σ_g = statismul natural al agregatului
σ_s = statismul sarcinii.
σ_n = statismul natural al sistemului energetic.
σ_r = statismul propriu al regulatorului de viteză.
τ = timpul specific al servomotorului principal.
τ_s = constanta de timp a elementului integrator (servomotorul principal al regulatorului primar).
φ = frecvenţa relativă instantanee.
φ_c' = frecvenţa relativă de consemn a regulatorului primar.
φ_c'' = idem, a regulatorului secundar.
ω = pulsaţia.
Ω = viteza unghiulară de rotaţie a agregatului.

— indicele k afectat unui simbol arată că se referă la agregatul k.

— indicele o afectat unui simbol arată că se referă la situaţia iniţială (cu excepţia lui P_0, x_0, z_0 care au alte semnificaţii).

Bibliografie

[1] Penescu C.: *Automatica şi telemecanica sistemelor energetice.* Vol. I — Ed. Acad. R.P.R. 1959.

[2] Penescu C.: *O metodă pentru simplificarea analizei sistemelor de reglare automată liniare şi continue.* Automatica şi Electronica nr. 5, 1957.

[3] Dimo P.: *Analiza sistemelor energetice.* Ed. Tehnică 1959.

[4] Dimo P.: *Les temps de lancer d'un réseau. Caractéristiques et possibilités de determination.* R.G.E. 1960, nr. 12.

[5] Greselin A. et Saccomanno F.: *Influence des caractéristiques des réseaux et des systémes de réglage sur la tenue de la fréquence et des puissances d'echange.* Rapport CIGRÉ nr. 320, 1960.

[6] Rapport présenté par le Comité d'Etudes nr. 13.: *Analyse des différents procédés utilisés pour le réglage fréquence-puissance.* Rapport CIGRE NR. 328/1960.

[7] Andres E.: *Elektrischer Regler für Wasserturbinen,* Brown-Boveri Mitteilungen 1958.

[8] Bloch H.: *Adaptation du comportement dynamique des régleurs de turbines hydrauliques pour le réglage de réseaux.* Revue Brown Boveri, Tome 47 — 1960, pag. 750—757.

[9] Ionescu V.: *Aspecte noi în reglarea automată a frecvenţei şi puterii active în sistemele energetice.* Energetica nr. 2 — 1961, pag. 52—58.

[10] Mericka J.: *Dve stejne paralelne pracujici oblasti pri automatické regulaci kmitoktu a predavaného vykonu.* El. Obzor *50* (1961) nr. 5, pag. 309—317.

Cîteva aspecte tehnico-economice ale termoficării în U.R.S.S.

Ing. *GH. COLŢ*

În ultima vreme în literatura de specialitate în domeniul energeticii au apărut diferite păreri privind rolul şi perspectivele termoficării în condiţiile dezvoltării intense a energeticii. Multe dintre acestea se repetă ani de zile fără să-şi găsească reflectare în realitatea practică, lucru care dovedeşte fundamentul slab pe care se bazează.

Actualmente în discuţia* specialiştilor sovietici se află problema rolului termoficării în U.R.S.S. în viitorul apropiat (5—15 ani). Dacă pînă în prezent viitorul termoficării era unanim recunoscut de toţi energeticienii sovietici, acum se pun în discuţie următoarele două variante de perspectivă ale alimentării cu energie în general a tuturor consumatorilor.

1. Producerea de energie electrică la CTE, CHE şi CET; alimentare cu căldură a întreprinderilor industriale şi a consumatorilor urbani cu precădere de la CET de toate mărimile; folosirea gazelor naturale pentru industrie în general, pentru centralele electrice şi pentru uzul urban — pentru procesele cu temperaturi înalte (situaţia actuală a energeticii sovietice).

2. Producerea energiei electrice la CTE şi CHE puternice; construirea de CET cu precădere pentru unele obiective industriale mari; construirea în paralel de CTE şi CT mari şi alimentarea cu căldură a consumatorilor urbani de la CT sau prin transformarea energiei electrice în căldură.

Se vede deci că în varianta a doua rolul termoficării se reduce la cazuri particulare.

Energetica urmează să se dezvolte pe baza construcţiilor de puternice CTE şi în special CHE pentru a se obţine energie electrică ieftină care apoi să se distribuie şi consumatorilor urbani pentru scopuri termice.

Specialiştii termoficării sovietice însă au demonstrat că şi pe viitor prima variantă va fi singura capabilă să asigure folosirea armonioasă a resurselor energetice ale U.R.S.S. şi alimentarea economică cu energie a tuturor consumatorilor. În viitorii 15—20 de ani, perioadă pentru care s-au făcut calcule estimative, termoficarea în U.R.S.S. se va dezvolta într-un ritm susţinut şi continuă să fie, ca şi în prezent, o cale judicioasă de gospodărie energetică.

În calculele tehnico-economice comparative specialiştii sovietici iau în consideraţie următoarele elemente componente :

Denumirea cheltuielilor	Producere combinată de căldură şi energie electrică	Producere separată de căldură şi energie electrică
I. Pentru investiţii		
— CET	X	—
— Reţele termice	X	—
— CTE	—	X
— CT de cvartal cu reţele	—	X
— Reţele electrice	—	X
— Construcţii de mine[1]	—	X
II. Pentru personal [2].		
1. La centrala electrică din care	4,6 om/MW	3,0/om/MW
a) pentru energie electrică	2,0 ,,	3,0 ,,
b) pentru căldură	0,8 om/Gcal.h	—
c) pentru reţele termice	0,13	—
d) pentru puncte termice	0,5 ,,	—
2. CT de cvartal	—	6,0 om/Gcal.h
a) urbane	—	4,0 ,,
b) industriale în medie	—	5,0 ,,
III. Pentru plus de combustibil	—	X

1. Pentru cantitatea de combustibil economisit prin termoficare
2. Indicii rezultă din postcalcule contabile.

În oraşul Moscova, cel mai mare centru termoficat din lume, producerea combinată de energie electrică şi căldură se dezvoltă continuu.

Numai în decurs de 2 ani (1958—1960) în Moscova s-au instalat 270 MW în centralele de termoficare şi s-au construit cca. 150 km de reţele termice. Dacă faţă de anul 1945 în 1960 puterea instalată în centralele de termoficare a crescut de 6,5 ori şi posibilităţile de livrare de căldură de 5,8 ori, cantitatea de căldură livrată anual a crescut de 6,3/ori, iar lungimea reţelelor termice de 7,2 ori.

Acest lucru arată pe de o parte preocuparea termoficatorilor sovietici de a lichida rămînerea în urmă a construcţiei de reţele termice iar pe de altă parte mărirea încărcării CET pe partea de căldură, lucru ce se asigură prin racordarea la reţelele termice cu precădere a consumatorilor cu un număr mare de ore de utilizare a căldurii.

Se observă însă în acelaşi timp o rămînere în urmă a instalaţiilor de livrare de căldură (5,8 ori) faţă de instalaţiile de livrare de energie electrică (6,5 ori) în timp ce există mari necesităţi de căldură.

* Între 24—31 martie 1961 la Moscova la Institutul Energetic a avut loc conferinţa ştiinţifică în problemele energeticii, care a dezbătut printre altele, în secţia *„Alimentarea cu energie electrică şi căldură a întreprinderilor industriale"* şi problema termoficării. Cand. în ştiinţe tehnice G r o m o v N.G. ing. şef al întrep. Reţele Termice din Moscova în referatul său privind avantajele termoficării a demonstrat economicitatea categorică a termoficării în condiţiile oraşului Moscova şi a generalizat această concluzie asupra întregii gospodării energetice din U.R.S.S.

În sistemul de termoficare al orașului Moscova funcționează 9 CET. Datele din tabela 1 se referă la întreg sistemul de termoficare din Moscova.

Tabela 1

Caracteristicile termoficării orașului Moscova

Nr. crt.	Denumirea	Unitatea de măsură	Anul		
			1945	1958	1960
1	Puterea instalată în centralele de termoficare	10^2 kW	155	730	1 000
2	Energie electrică livrată de CET	mil. kWh	1 000	3 700	5 040
3	Căldură produsă de CET	G. cal./h	750	3 100	4 350
4	Căldură livrată de CET	,,	730	3 000	3 750
5	Căldură livrată anual	mil. G. cal.	2,1	10,3	13,2
6	Lungimea rețelelor termice	km	90	495	645
7	Termoficarea a cuprins :				
	— consumatori urbani	%	10	40	42
	— consumatori industriali	%	—	32	32
8	Numărul de ore de utilizare a puterii instalate la CET	h/an	—	5 330	6 130
	— idem pe partea de căldură	h/an	—	3 300	3 040
9	Consum specific de combustibil la CET				
	— la energie electrică livrată	gr./kWh	—	332	331
	— la căldură livrată	kg/G. cal.	—	1 742	1 716
10	Prețul de cost				
	— al energiei electrice	copeici/kWh	—	0,080	0,067
	— al căldurii	ruble/G.cal	—	0,305	0,291

Se precizează că datele privind indicii economici includ și grupurile turbogeneratoare cu pură condensație și pe cele la parametrii medii ai aburului viu. Pe bază de producere de căldură CET din Moscova produce numai 50% din energia ce se livrează în sistem. Unele CET ca de ex. CET nr. 7 din sistemul de termoficare al Moscovei are indici economici mult mai buni decît cei din tabelă.

Astfel prețul de cost al energiei electrice este de 0,033 copeici/kWh iar al căldurii de 0,277 ruble/G.cal. Aceasta se datorește încărcării CET cu sarcină termică pentru scopuri industriale. Alte CET (nr. 1, 12 și 16) au indici mai slabi, datorită unor coeficienți de termoficare nesatisfăcători (0,7—0,8).

Orașul Moscova este cel mai mare oraș din lume termoficat. Marea sa întindere și dificultățile enorme ce se ivesc prin extinderea termoficării într-un oraș vechi fac însă ca acest puternic complex consumator de căldură să

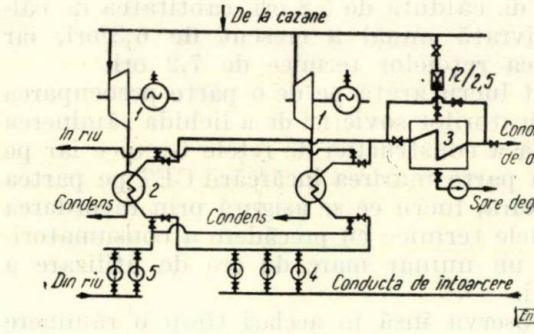


Fig. 1

toare de căldură din U.R.S.S. depășesc orașul Moscova.

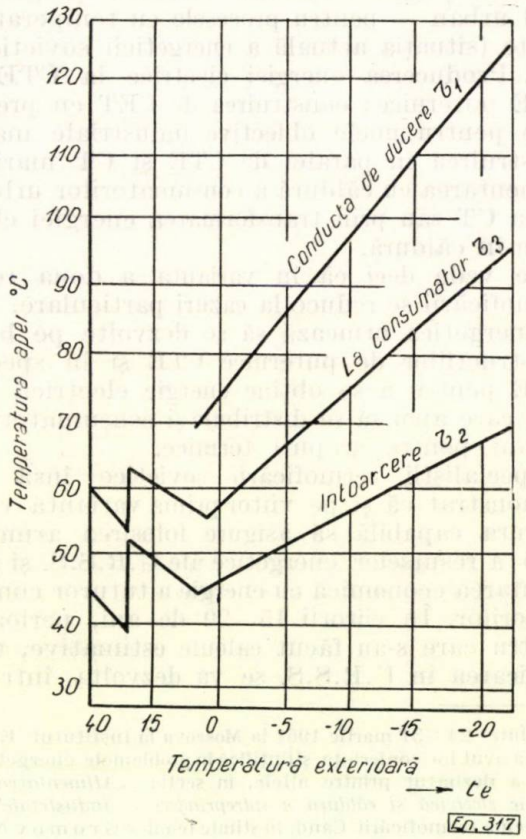


Fig. 2

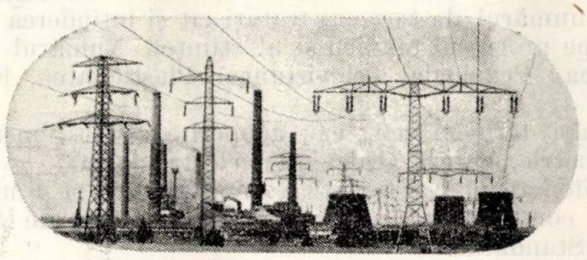
Cu toate acestea, economicitatea termoficării Moscovei este enormă. Analizele economice

efectuate postcalcul pentru anul 1960 au arătat că numai din economiile obținute la prețul de cost al termoficării orașului Moscova se pot construi anual 14 000 apartamente.

Economicitatea termoficării în viitorii ani va crește și mai mult pe măsură ce se introduc o serie de îmbunătățiri tehnice în sistemul de instalații de termoficare și se înlătură multe deficiențe ce încă mai există. Se prevede introducerea pe scară largă a automatizării complete a alimentării cu căldură. În etapa actuală se poate considera că primul pas este realizat în această direcție și anume automatizarea completă a preparării și livrării căldurii de la CET. Automatizarea la consumatori este destul de dificilă, însă și aici sînt succese remarcabile.

În proiectarea instalațiilor de termoficare se tinde să se renunțe la unele asigurări care în prezent sînt considerate exagerate și care conduc la supradimensionarea lor. Așa de ex. în baza unor cercetări privind asigurarea cu căldură în perioadele de vîrf s-a ajuns la concluzia că pentru Moscova temperatura de calcul de — 26°C este exagerată. Aprecierile bazate pe prelucrarea datelor statistice ale climei arată că aceasta poate fi ridicată pînă la (—23)... +(—24)°C.

În concluzie se poate spune că pentru viitorii 15—20 ani dezvoltarea energeticii U.R.S.S. poate conta pe realizarea în bune condițiuni a prevederilor în domeniul termoficării.



LEXICONUL TEHNIC ROMÎN

O mare lucrare enciclopedică în domeniul tehnicii şi al ştiinţelor ei de bază

Dezvoltarea economiei noastre naţionale, datorită avîntului industriei, al tehnicii, cere oamenilor muncii să-şi ridice necontenit nivelul profesional, să-şi lărgească continuu sfera de cunoştinţe tehnice, pentru a contribui din plin la creşterea şi perfecţionarea neîntreruptă a producţiei socialiste, pe baza tehnicii celei mai înalte.

Răspunzînd acestei necesităţi şi aplicînd în practică directivele partidului şi guvernului, Editura tehnică a tipărit între anii 1949—1956 prima ediţie a Lexiconului Tehnic Romîn, elaborat de Asociaţia Ştiinţifică a Inginerilor şi Tehnicienilor din Republica Populară Romînă (ASIT).

La realizarea acestei lucrări au contribuit cîteva sute de colaboratori — academicieni, membri corespondenţi ai Academiei R.P.R., doctori în ştiinţe, cadre universitare dintre cele mai calificate, ingineri şi tehnicieni care activează nemijlocit în aproape toate ramurile industriale, laureaţi ai Premiului de Stat etc.

Lexiconul Tehnic Romîn ediţia I a apărut în şapte volume, cuprinzînd 48 763 de termeni directori cu toate subdiviziunile lor şi circa 6 500 figuri.

Apariţia numeroaselor ramuri noi de producţie, dezvoltarea rapidă pe care a luat-o tehnica în ultimii ani şi creşterea numărului celor care folosesc tehnica, cît şi precizările făcute în multe domenii ale terminologiei tehnice de către Academia R.P.R. şi Oficiul de Stat pentru Standarde au dus la publicarea noii elaborări a acestei lucrări.

Noua ediţie a Lexiconului Tehnic Romîn este elaborată de un colectiv mai lărgit al ASIT.

Concepută în 16 volume, noua elaborare cuprinde un vast material documentar din 70 de discipline de bază şi va prezenta în circa 10 000 de pagini 70 000 de termeni directori şi aproximativ 17 000 de figuri.

În noua lui formă, Lexiconul reflectă nivelul înalt la care s-a ridicat capacitatea de cercetare, de proiectare şi de producţie din ţara noastră, sub impulsul industrializării socialiste a ţării şi al cuceririlor noi, romîneşti şi mondiale, ale ştiinţei.

Noua ediţie a Lexiconului Tehnic Romîn cuprinde o informare tehnică mai amplă, atît în ceea ce priveşte numărul de termeni trataţi cît şi întinderea şi profunzimea fiecărui text explicativ, bazată pe progresul tehnicii şi al ştiinţei. Numărul de discipline s-a mărit, cuprinzînd ramuri noi ca: Pedologia, Televiziunea, Plasticitatea, Fizica atomică nucleară etc.

S-au introdus mulţi termeni noi, ca: acoperire, adaos, metalurgie, aerofar, automatizare, aeromagnetometrie, bureză, calculator electronic etc.

S-au realizat o ordonare mai sistematică a materialului şi o unificare a terminologiei tehnice şi ştiinţifice, de comun acord cu lucrările lexicografice ale Academiei R.P.R. şi cu Oficiul de Stat pentru Standarde.

Aspectul grafic al lucrării a fost schimbat. S-a folosit formatul mare Z5—205/265mm cu un număr mai mare de semne tipografice pe pagină, cu o ilustraţie bogată şi pe hîrtie velină.

Pînă în prezent au apărut primele opt volume ale noii ediţii a Lexiconului Tehnic Romîn, totalizînd 4 947 de pagini, circa 26 974 de termeni directori, 7 742 de termeni secundari explicaţi în text şi 9 606 de figuri.

Următoarele opt volume (vol. IX—XVI) vor apare în anii 1961—1964, cuprinzînd literele H—Z, iar preţul fiecărui volum va fi de 100 lei.

Noua elaborare a Lexiconului Tehnic Romîn va intra în tezaurul culturii ca un bun social şi va deveni un îndrumător preţios pentru ingineri, tehnicieni, cercetători, cadre didactice, militari, studenţi şi muncitori cu nivel tehnic mai ridicat.

MŰSZAKI KÖNYVTÁR ORSZÁGOS 1883

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.311.1.027.3(063)(100)

Groza L. и *Militaru P.*: **18-ая сессия УИГРЕ.**

Energetica, **9** (1961) № 8, стр. 297—311

ДК 621.165.004

Iliescu T. и *Grosz I.*: **Испытательные пробы турбины в 2000 квт с ухудшенным вакуумом.**

Представлены вопросы перевода конденсационных турбин на работу с ухудшенным вакуумом и результаты испытания 2000 квт турбины.

Energetica, **9** (1961) № 8, стр. 312—315

ДК 621.181.004

Nacu H.: **Некоторые наблюдения из длительной эксплуатации парового котла с высокими параметрами.**

Приводятся некоторые замечания и заключения из опыта длительной эксплуатации (свыше 135 000 часов) парового котла $P = 125$ атм и $t = 520°C$-находящегося на одной ТЭЦ.

Energetica, **9** (1961) № 8, стр. 316— 321

ДК 621.311.1 :621.3.072.6.001

Mihăileanu C. и *Ionescu V.*: **Уравнения и схемы динамического режима в энергетически системах с автоматической регулировкой частоты.**

Выводятся и устанавливаются уравнения и схемы энергетической системы, системы первичной регулировки, системы вторичной регулировки и их совокупности с целью изучения динамического режима.

Energetica, **9** (1961) № 8, стр. 322—332

ЭНЕРГЕТИКА ЗА РУБЕЖОМ

ДК 697.34.003/4 (47)

Colț Gh.: **Некоторые технико-экономические аспекты термофикации в СССР.**

Energetica, **9** (1961) № 8, стр. 333—335

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.311.1.027.3 (063) (100)

Groza L. und *Militaru P.*: **Die 18. Tagung der CIGRÉ**

Energetica, **9** (1961) H. 8, S. 297—311

DK 621.165.004

Iliescu T. und *Grosz I.*: **Betriebsprobleme einer 2 000 kW-Turbine bei Grobvakuum.**

Es werden einige Fragen behandelt, die an die Umstellung der Kondensationsturbinen für den Betrieb mit Grobvakuum geknüpft sind, wie auch die Ergebnisse bei 2 000-kW-Turbinen vorgenommenen Versuche.

Energetica, **9** (1961) H. 8, S. 312—315

DK 621. 181.004

Nacu H.: **Einige Betrachtungen aus der langjährigen Betriebsdauer eines Hochdruckdampfkessels.**

Es werden einige Beobachtungen und Schlussfolgerungen aus der langjährigen Betriebsdauer (über 135 000 Stunden) eines Dampfkessels $P=125$ at u. $t=520°C$ in einer Industriezentrale für Fernheizung dargelegt

Energetica, **9** (1961) H. 8, S. 316—321

DK 621.311.1 :621.3.072.6.001

Mihăileanu C. und *Ionescu V.*: **Die Gleichungen und Schemas der dynamischen Arbeitsbedingungen bei den energetischen Systemen mit automatischer Frequenzsteuerung.**

Es werden die Gleichungen und die Schemas des energetischen Systems, des Systems mit primärer Steurung, des Systems mit sekundärer Steurung und dieser Systeme im allgemeinen, im Hinblick auf das Studium der dynamischen Arbeitsweise festgesetzt und beschrieben.

Energetica, **9** (1961) H.8, S. 322—332

DIE ENERGETIK IM AUSLAND

DK 697.34.003/4 (47)

Colț Gh.: **Einige technisch-wirtschaftliche Aspekte der Fernheizung in der UdSSR.**

Energetica, **9** (1961) H.8, S. 333—335

SOMMAIRE

CD 621.311.1.027.3 (063) (100)

Groza L. et *Militaru P.* : **La 18e Session de la CIGRÉ**

Energetica, **9** (1961) no. 8, p. 297–311

CD 621.165.004

Iliescu T. et *Grosz L.* : **Les essais de fonctionnement à vide empiré d'une turbine de 2 000 kW**

Les auteurs présentent les problèmes se rattachant au passage des turbines de condensation au fonctionnement à vide empiré, ainsi que les essais effectués à une turbine de 2 000 kW.

Energetica, **9** (1961) no. 8, p. 312—315

CD 621.181.004

Nacu H. : **Quelques observations tirées de l'exploitation à longue durée d'une chaudière à vapeur aux paramètres élevés**

L'auteur expose plusieurs observations et conclusions, tirées de l'exploitation à longue durée — de plus de 135 000 heures — d'une chaudière à vapeur P=125 at et t = 520°C d'une centrale électrique industrielle de thermification

Energetica, **9** (1961) no. 8, p. 316–321

CD 621.311.1 :621.3.72.6.001

Mihăileanu C. et *Ionescu V.* : **Les équations et les schémas du régime dynamique dans les systèmes énergétiques pourvues du réglage automatique de la fréquence**

Les auteurs établissent et décrivent les équations et les schémas du système énergétique, du système du réglage primaire, du système du réglage secondaire et de l'ensemble de ces systèmes, en vue de l'étude du régime dynamique.

Energetica, **9** (1961) no.8, p. 322—332

L'ÉCONOMIE ENERGETIQUE À L'ÉTRANGER

CD 697.34.003/4(47)

Colț Gh. : **Quelques aspects techniques — économiques de la thermification en U.R.S.S.**

Energetica, **9** (1961) no. 8, p. 333—335

CONTENTS

DC 621.311.1.027.3 (063) (100)

Groza L. and *Militaru P.* : **The 18th session of the CIGRÉ**

Energetica, **9** (1961) no. 8, p. 297—311

DC 621.165.004.

Iliescu T. and *Grosz I.* : **Worsened vacuum functioning tests with a turbine of 2 000 kW.**

The paper discuses the problems connected with the transition of condensation turbines to worsened vacuum conditions including the results of tests carried out with a turbine of 2 000 kW.

Energetica, **9** (1961) no. 8, p. 312—315

DC 621.181.004

Nacu H. : **Some observations from the long working of a steam boiler with high parameters.**

The author points out some observations and conclusions based on the long working (over 135 000 hours) of a steam boiler P = 125 at and t = 520°C belonging to an industrial district heating station.

Energetica, **9** (1961) no. 8, p. 316—321

DC 621.311.1 :621.3.072.6.001

Mihăileanu C. and *Ionescu V.* : **The equations and schemes of the dynamic regimen in power systems designed with automatic regulating of frequency.**

The authors establish and describe the equations and schemes of the energetic system, primary regulating system, secondary regulating system and of their ensemble in view of studying the dynamic regimen.

Energetica, **9** (1961) no. 8, p. 322—332

THE ENERGETIC ABROAD

DC 697.34.003/4 (47)

Colț Gh. : **Some technical and economic aspects of district heating in the U.S.S.R.**

Energetica, **9** (1961) no. 8, p. 333—335

NOUL APARAT DE RADIO DE CONSTRUCȚIE ORIGINALĂ

Fanfara

S 604 A

Oferă o audiție minunată cu performanțe excelente pe toate lungimile de undă.

● 3 + 2 TUBURI ELECTRONICE ● 3 GAME DE UNDĂ ● 2 DIFUZOARE DE 2.5 VA – MONTATE LATERAL ● INDICATOR OPTIC DE ACORD ● REGLAJ DE TON

Casetă de construcție originală cu ornamentație de alamă plăcută ochiului, care dă o notă de eleganță oricărui interior.

INTREPRINDERE INDUSTRIALĂ DE STAT PENTRU PIESE ȘI APARATE DE RADIO, TELEVIZOARE ȘI

Recomandări privind întocmirea articolelor tehnico-științifice

1. FONDUL ARTICOLELOR

1.1. *Lucrări* **ce pot fi prezentate spre publicare:**

1.1.1. *de importanță generală* **(principii noi, dispoziții noi, rezultate experimentale originale, studii teoretice inedite, ale unor fenomene fizice și procese tehnice cu caracter general);**

1.1.2. *tehnico-științifice, speciale, teoretice sau experimentale,* **avînd contribuții originale dar referindu-se la un domeniu de specialitate restrîns (extinderea valabilității unor dispoziții, aplicarea unor teorii sau metode cunoscute la o problemă nouă, rezultate experimentale inedite sau de control);**

1.1.3. *tehnice obișnuite* **(expunerea studiului unor probleme tehnico-științifice, discuții și critici ale unor rezultate cunoscute etc.).**

1.2. *Legătura cu practica* **muncii de cercetare, proiectare, învățămînt, producție este condiția esențială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuție trebuie să se refere la probleme noi și actuale, de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde considerații privind eficiența economică a soluțiilor. Se recomandă ca articolele să posede propuneri de viitor.**

1.3. *Verificarea experimentală* **se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.**

1.4. *Lucrări* **care au mai fost publicate integral sau parțial nu pot fi trimise redacției spre publicare.**

2. FORMA ARTICOLELOR

2.1. *Organizarea* **lucrării**

2.1.1. *Titlul* **va prezenta în minimum de cuvinte obiectul lucrării.**

2.1.2. *Numele* **autorului va fi precedat de prenume.**

2.1.3. *Un scurt rezumat* **fixînd premizele de la care s-a pornit problema studiată și cadrul în care este tratată, nedepășind 6–8 rînduri, se va anexa lucrării.**

2.1.4. *Împărțirea* **pe capitole se va face cu cîteva subtitluri potrivit alese, în număr strict necesar pentru o expunere clară a ideilor și înlesnirea orientării.**

2.1.5. *Textul.* **În introducere, se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei și în preocupările producției, de asemenea se arată scopul lucrării subliniindu-se expres contribuția autorului. Tratarea va trebui să fie unitară permițînd inteligibilitatea fără dificultăți a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstrații voluminoase, de asemenea se va evita repetarea în text a ceea ce poate fi găsit în literatura publicată sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic-ilustrativ tabele etc.**

2.1.6. *Concluziile* **vor concentra rezultatele obținute, cu indicarea limitei de valabilitate și aplicațiile posibile.**

2.1.7. *Anexele* **pot cuprinde demonstrații originale sau absolut necesare înțelegerii formulelor din text, de asemenea, în anexe se pot da exemple de calcul în cazul articolelor care necesită asemenea exemple.**

2.1.8. *Citarea literaturii de specialitate.* **Afirmațiile luate din alte lucrări și care nu sînt general cunoscute vor fi referite la lista bibliografică de la sfîrșitul lucrării. Referirea se face indicînd-se poziția lucrării în lista bibliografică în paranteze drepte.**

2.2. *Prezentarea* **lucrării**

2.2.1. *Nivelul* **articolelor va fi înalt.**

2.2.2. *Stilul.* **Redactarea va fi clară și concisă. Ortografia va fi în concordanță cu regulile Academiei R.P.R. Nu se admit prescurtări cu excepția celor unanim cunoscute.**

2.2.3. *Dezvoltările matematice* **vor fi limitate la cele absolut necesare înțelegerii raționamentului matematic. Este suficient, în general, punerea în ecuație și indicarea rezultatelor. Pentru demonstrații se vor alcătui anexe (v. pct. 2.1.7).**

2.2.4. *Tabelele* **se vor folosi în cazul cînd date numerice importante nu pot fi reprezentate grafic satisfăcător. Nu se admite folosirea concomitentă a datelor numerice sub formă de tabelă și diagramă. Tabelele vor fi referite în text și se va indica sursa lor.**

2.2.5 *Materialul grafic ilustrativ* **(figuri, fotografii) va permite reprezentarea clară și intuitivă a unor idei, puncte de vedere. Ele trebuie să completeze expunerea din text și vor fi referite cu grijă în text indicîndu-se sursa lor.**

2.2.6. *Sistematizarea și numerotarea* **capitolelor se va face cu grije evitîndu-se excesele. Se recomandă utilizarea sistemului zecimal.**

2.3. *Forma exterioară a lucrării*

2.3.1. *Terminologie, mărimi și unități.* **Se recomandă a fi conforme cu normele internaționale și STAS-urile în vigoare.**

2.3.2. *Scrierea formulelor.* **Se recomandă o atenție deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii și exponenții se vor scrie mai mici decît baza și așezați mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grijă literele majuscule, minuscule sau cele rusești, romane, grecești, germane etc. Numerotarea formulelor se va face în paranteze în dreapta rotunde.**

2.3.3. *Figurile* **trebuie executate unitar și rațional. Ele vor fi numerotate în continuare. Fotografiile vor fi pe hîrtie strălucitoare alb-negru. Explicația figurilor se va face pe o pagină separată.**

2.3.4. *Notele* **din text se numerotează în continuare.**

2.3.5. *Citarea* **literaturii în text se face prin simpla indicare a poziției lucrării din cadrul listei bibliografice, în paranteze drepte, fără alte mențiuni.**

2.3.6. *Lista bibliografică* **se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cît și figuri sau tabele), speciale cît și cele generale. Se vor indica toate datele în transcripții originale. Pentru cărți: numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet (eventual și tradus, în paranteze), ediția, editorul, locul editării, anul. Pentru articole: numele complet prenumele prescurtat, titlul complet original (eventual și tradus, în paranteze), revista, tomul, anul, numărul, pagina.**

2.3.7. *Scrisul la mașină* **al articolelor este recomandat cu insistență, exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic. Se scrie pe o singură față la două rînduri (2 000 semne pe pagină). În partea stîngă a foii se lasă o margine de 5 cm.**

2.3.8. *Paginația* **se face în continuare. Se recomandă un volum de 10–12 pagini pentru articole.**

2.3.9 *Expedierea.* **Lucrările (în dublu exemplar) vor fi prinse cu agrafe. Manuscrisul se expediază cu paginile întinse format A4 și cu plicul conținînd materialul grafic ilustrativ anexat.**

3. RELAȚII CU REDACȚIA

3.1 Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicații.

3.2. Articolele se trimit cu o notă însoțitoare pe adresa redacției. În notă se vor indica: titluri academice, funcțiuni, localitatea și adresa domiciliului, nr. de telefon.

3.3. Lucrările executate în cadrul diverselor instituții sau organizații vor purta aprobarea acestora de publicare.

3.4. Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare.

3.5. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 ore de la primire. Nu se admit modificări esențiale față de manuscris. Modificările importante ale manuscrisului cad în sarcina autorului.

(Urmare de pe coperta a II-a)

2.2.3. *Dezvoltările matematice* vor fi limitate la cele absolut necesare înțelegerii raționamentului matematic. Este suficientă, în general, punerea în ecuație și indicarea rezultatelor. Pentru demonstrații se vor alcătui anexe (v. pct. 2.1.7).

2.2.4. *Tabelele* se vor folosi în cazul cînd date numerice importante nu pot fi reprezentate grafic satisfăcător. Nu se admite folosirea concomitentă a datelor numerice sub formă de tabelă și diagramă. Tabelele vor fi referite în text și se va indica sursa lor.

2.2.5. *Materialul grafic ilustrativ* (figuri, fotografii) va permite reprezentarea clară și intuitivă a unor idei, puncte de vedere. Ele trebuie să completeze expunerea din text și vor fi referite cu grijă în text, indicîndu-se sursa lor.

2.2.6. *Sistematizarea și numerotarea* capitolelor se va face cu grijă, evitîndu-se excese. Se recomandă utilizarea sistemului zecimal.

2.3. Forma exterioară a lucrării

2.3.1. *Terminologie, mărimi și unități.* Se recomandă a fi conforme cu normele internaționale și STAS-urile în vigoare.

2.3.2. *Scrierea formulelor.* Se recomandă o atenție deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii și exponenții se vor scrie mai mici decît baza și așezați mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grijă literele majuscule, minuscule sau cele ruseşti, romane, greceşti, germane etc. Numerotarea formulelor se va face în dreapta, în paranteze rotunde.

2.3.3. *Figurile* trebuie executate unitar și rațional. Ele vor fi numerotate în continuare. Fotografiile vor fi pe hîrtie strălucitoare alb-negru. Explicația figurilor se va face pe o pagină separată.

2.3.4. *Notele* din text se numerotează în continuare.

2.3.5. *Citarea* literaturii în text se face prin simpla indicare a poziției lucrării din cadrul listei bibliografice, în paranteze drepte, fără alte mențiuni.

2.3.6. *Lista bibliografică* se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cît și figuri sau tabele), speciale cît și cele generale. Se vor indica toate datele în transcripții originale. Pentru cărți: numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet (eventual și tradus, în paranteze), ediția, editorul, locul editării, anul. Pentru articole: numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet original (eventual și tradus, în paranteze), revista, tomul, anul, numărul, pagina.

2.3.7. *Scrisul la mașină* al articolelor este recomandat cu insistență, exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic. Se scrie pe o singură față, la două rînduri (2 000 semne pe pagină). În partea stîngă a foii se lasă o margine de 5 cm.

2.3.8. *Paginația* se face în continuare. Se recomandă un volum de 10—12 pagini pentru articole.

2.3.9. *Expedierea.* Lucrările (în dublu exemplar) vor fi prinse cu agrafe. Manuscrisul se expediază cu paginile întinse format A_4 și cu plicul conținînd materialul grafic-ilustrativ anexat.

3. RELAȚII CU REDACȚIA

3.1. Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicații.

3.2. Articolele se trimit cu o notă însoțitoare pe adresa redacției. În notă se vor indica: titluri academice, funcțiuni, localitatea și adresa domiciliului, nr. de telefon.

3.3. Lucrările executate în cadrul diverselor instituții sau organizații vor purta aprobarea acestora de publicare.

3.4. Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare.

3.5. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 de ore de la primire. Nu se admit modificări esențiale față de manuscris. Modificări importante ale manuscrisului cad în sarcina autorului.

I. P. 2, c. 2621

5 Lei

E 2039

R

KAT

REFERALVA

ENERGETICA

Energetica — Vol. 9 — septembrie 9 nr. 9/1961 — p. 337-384 — București

1961

RECOMANDĂRI PRIVIND ÎNTOCMIREA ARTICOLELOR TEHNICO - ȘTIINȚIFICE

1. FONDUL ARTICOLELOR

1.1. **Lucrările** ce pot fi prezentate spre publicare sînt :

1.1.1. *de importanță generală* (principii noi, dispoziții noi, rezultate experimentale originale, studii teoretice inedite, ale unor fenomene fizice și procese tehnice cu caracter general) ;

1.1.2. *tehnico-științifice speciale, teoretice sau experimentale,* avînd contribuții originale, dar referindu-se la un domeniu de specialitate restrîns (extinderea valabilității unor dispoziții, aplicarea unor teorii sau metode cunoscute la o problemă nouă, rezultate experimentale inedite sau de control) ;

1.1.3. *tehnice obișnuite* (expunerea studiului unor probleme tehnico-științifice, discuții și critici ale unor rezultate cunoscute etc.).

1.2. **Legătura cu practica** muncii de cercetare, proiectare, învățămînt, producție, este condiția esențială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuție trebuie să se refere la probleme noi și actuale, de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde considerații privind eficiența economică a soluțiilor, Se recomandă ca articolele să cuprindă propuneri de viitor.

1.3. **Verificarea experimentală** se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.

1.4. **Lucrările** care au mai fost publicate integral sau parțial nu pot fi trimise redacției spre publicare.

2. FORMA ARTICOLELOR

2.1. **Organizarea lucrării**

2.1.1. *Titlul* va reprezenta, în minimum de cuvinte, obiectul lucrării.

2.1.2. *Numele* autorului va fi precedat de prenume.

2.1.3. *Un scurt rezumat* fixînd premizele de la care s-a pornit, problema studiată și cadrul în care este tratată, nedepășind 6—8 rînduri, se va anexa lucrării.

2.1.4. *Împărțirea* pe capitole se va face cu cîteva subtitluri potrivit alese, în număr strict necesar pentru o expunere clară a ideilor și înlesnirea orientării.

2.1.5. *Textul.* În introducere, se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei și în preocupările producției ; de asemenea, se arată scopul lucrării, subliniindu-se expres contribuția autorului. Tratarea va trebui să fie unitară, permițînd inteligibilitatea fără dificultăți a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstrații voluminoase ; de asemenea, se va evita repetarea în text a ceea ce poate fi găsit în literatura publicată sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic-ilustrativ, tabele etc.

2.1.6. *Concluziile* vor concentra rezultatele obținute, cu indicarea limitei de valabilitate și aplicațiile posibile.

2.1.7. *Anexele* pot cuprinde demonstrații originale sau absolut necesare înțelegerii formulelor din text ; de asemenea, în anexe se pot da exemple de calcul în cazul articolelor care necesită asemenea exemple.

2.1.8. *Citarea literaturii de specialitate.* Afirmațiile luate din alte lucrări și care nu sînt general cunoscute vor fi referite la lista bibliografică de la sfîrșitul lucrării. Referirea se va face indicîndu-se poziția lucrării în lista bibliografică, în paranteze drepte.

2.2. **Prezentarea lucrării**

2.2.1. *Nivelul* articolelor va fi înalt.

2.2.2. *Stilul.* Redactarea va fi clară și concisă. Ortografia va fi în concordanță cu regulile Academiei R.P.R. Nu se admit prescurtări cu excepția celor unanim cunoscute.

(Continuare pe coperta a III-a)

E 2039

MŰSZAKI KÖNYVTÁR OKSZAGOS 1883

ENERGETICA

ANUL 9 Nr. 9 SEPTEMBRIE 1961

CUPRINS

CZ 621.317.8 : 63/64 (498)

Panaitescu G: **Noul tarif pentru energia electrică consumată la iluminat şi utilizări casnice în R.P.R.**

Energetica, *9* (1961) No. 9, p. 337–338

CZ 662.613.5 : 621.311.23

Burducea C. şi *Curelaru Al.* : **Consideraţii asupra vicierii atmosferei prin gazele evacuate pe coşurile centralelor electrice.**

Articolul tratează mijloacele de luptă împotriva vicierii atmosferei prin bioxid de sulf şi cenuşă zburătoare evacuată pe coşul centralelor termoelectrice mari, precum şi factorii de care depinde această viciere.

Energetica, *9* (1961) No. 9, p. 339–350

CZ 621.311.22 : 662.613.5.003

Munteanu R. : **Măsuri împotriva eroziunilor provocate de praful de cărbune şi cenuşa din gazele arse.**

Articolul descrie o serie de defecţiuni apărute în circuitul de alimentare şi preparare a combustibilului şi în canalele de gaze arse la centrala termoelectrică Paroşeni, precum şi măsurile ce au fost luate în vederea remedierii acestora.

Energetica, *9* (1961) No. 9, p. 351–353

CZ 621.317.785.5/6 : 621.3/6.91.002

Mihai I., Cigusievici M. şi *Donici S.* : **Contor pentru înregistrarea numărului de funcţionări ale descărcătoarelor cu rezistenţă variabilă.**

Se face descrierea unui contor de înregistrare a numărului de funcţionări ale descărcătoarelor cu rezistenţă variabilă montate în reţelele de înaltă tensiune. Aparatul a fost realizat în ţară în cadrul IRME şi încercat la ICET.

Energetica, *9* (1961) No. 9, p. 354–358

CZ 621.311.24.002/004(498)

Bernfeld D. : **Stadiul actual şi perspectivele utilizării energiei eoliene în R.P.R.**

Se prezintă contribuţia autorului la elaborarea metodologiei cadastrării resurselor energetice eoliene urmată de descrierea instalaţiilor eoliene realizate şi preconizate în R.P.R.

Energetica, *9* (1961) No. 9 p. 358–371

DISCUŢII

CZ 621.316.727

Panaitescu G. şi *Grăniceanu M.* : **Unele aspecte ale problemei îmbunătăţirii factorului de putere în R.P.R.**

În acest articol se arată aspectele cele mai importante tehnico-economice şi tehnico-organizatorice legate de ameliorarea factorului de putere la marii abonaţi industriali.

Energetica, *9* (1961) No. 9, p. 372–378

DIN EXPLOATARE

CZ 621.311.22 : 535.371—004.64

Nicoleanu I. : **Imbunătăţiri tehnice la instalaţiile apei de adaos la centrala termoelectrică Fîntînele şi efectul lor asupra pierderilor de apă.**

Se descriu măsurile luate pentru reducerea apei de adaos în circuitul termic al centralei termoelectrice „Steaua Roşie" Fîntînele.

Energetica, *9* (1961) No.9, p. 378–381

CZ 621.311.22 : 535.371.004.64

Grosz I. şi *Iorgulescu Gr.* : **Defectoscopia prin fluorescenţă a fisurilor.**

În cadrul articolului se tratează problemele defectoscopiei prin fluorescenţă a fisurilor în piese şi organe de maşini. Sînt prezentate rezultatele obţinute la controlul preventiv efectuat la turbina de gaze de la centrala termoelectrică Filaret, cu ajutorul metodei pusă la punct în cadrul IRME.

Energetica *9* (1961) No. 9, p. 381–384,

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. ing. **I. D. STANCESCU,** redactor responsabil, conf. ing. **C. MIHAILEANU,** redactor responsabil adjunct, conf. ing. **I. A. BADEA,** prof. ing. **M. BERCOVICI,** membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, ing. **M. COGĂLNICEANU,** conf. ing. **E. CONSTANTINESCU,** ing. **P. DIMO,** laureat al premiului de Stat, prof. ing. **C. DINCULESCU,** membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. **I. V. HERESCU,** conf. ing. **N. MOLDOVEANU,** prof. ing. **C. PENESCU,** ing. **T. POPA,** ing. **S. SĂNDULESCU** și ing. **P. VICOL**

Revista „**ENERGETICA**", organ al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. și al Ministerului Industriei Minelor și Energiei Electrice. Redacția și administrația: București, Str. Ion Ghica Nr. 3 Raion Tudor Vladimirescu, Telefon 14.15.95—14.06.21. Revista este editată de A.S.I.T. — Abonamentele se primesc la administrația revistei, la sediul filialelor A.S.I.T. din întreaga țară și prin responsabilii cu presa din cercurile A.S.I.T. — Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinete tehnice în contul nostru de virament: Publicațiile Tehnice A.S.I.T. 070124 B.R.P.R. Filiala I. V. Stalin — București — Tarif pentru întreprinderi: lei 100 anual. Tarif pentru muncitori, tehnicieni și ingineri: lei 30 anual — Prețul unui exemplar: lei 5 — Tiparul: Întreprinderea Poligrafică Nr. 2, București, c. 3077

MŰSZAKI KÖNYVTÁR 1883

ENERGETICA

ANUL 9
1961
Nr. 9
SEPTEMBRIE

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.
ȘI AL MINISTERULUI MINELOR ȘI ENERGIEI ELECTRICE

Noul tarif pentru energia electrică consumată la iluminat și utilizări casnice în R. P. R.

Ing. *G. PANAITESCU*
Președintele secției Energetică – electrotehnică. Filiala Regională ASIT — București

Tarifarea energiei electrice, în conformitate cu prevederile legale în vigoare, se face pe bază de hotărîri ale Consiliului de Miniștri. Astfel, prin H.C.M. Nr. 188/1955 privind tarifarea energiei electrice pentru toate categoriile de consumatori de la 1 ianuarie 1955, pentru iluminat și utilizări casnice s-a menținut tariful de 0,60/kWh, introdus încă din octombrie 1953. Acest tarif avea structură monomă (preț unic), indiferent de cantitatea de energie consumată pentru asemenea utilizări.

Din anul 1955 și pînă în 1960, consumul de energie electrică pentru iluminat și utilizări casnice a crescut de peste 2,2 ori, ajungînd în 1960 la 433 GWh — față de 195 GWh în 1955, ceea ce reprezintă pentru perioada 1956—1960 un ritm de creștere de cca. 14%.

Creșterea consumului se datorează:

— racordării noilor construcții de locuințe;

— racordării unor locuințe mai vechi lipsite de electricitate;

— acțiunii de electrificare a gospodăriilor țărănești;

— folosirii pe o scară din ce în ce mai largă a aparatelor electrocasnice în gospodăriile urbane și rurale.

Toate aceste elemente — arătate mai sus — desigur au contribuit la creșterea nivelului de trai al populației.

Astfel s-a ajuns ca în anul 1960 — în comparație cu anul antebelic 1938, consumul de energie electrică pentru iluminat și utilizări casnice să crească de peste 10 ori.

În tabela 1 sînt prezentate creșterile consumului de energie electrică pentru iluminat și utilizări casnice pe fiecare an, în perioada 1950—1960, în comparație cu anul antebelic 1938. De asemenea sînt redate și creșterile în perioada 1950—1960.

Din tabela 1 rezultă ritmul accentuat de creștere a acestui consum — mai ales în perioada de aplicare a primului plan de electrificare.

Aplicarea noului tarif — avantaje

Deși consumul de energie electrică a crescut, totuși, cum în prezent nu în toate gospodăriile urbane și rurale se folosește această energie și pentru ca ea să devină un bun al tuturor, prin Hotărîrea C.C. al P.M.R. și a Consiliului de Miniștri din 27 iulie 1961, printre alte dispoziții privind ridicarea nivelului de trai al poporului, s-au prevăzut și următoarele: *Tariful energiei electrice pentru iluminatul și utilizările casnice se reduce în medie cu 27%, stabilindu-se totodată tarife pentru tranșe de consum. Se reduce de asemenea prețul de deviz al lucrărilor pentru branșamente și instalații electrice interioare în medie cu 20%.*

În conformitate cu prevederile Hotărîrii mai sus menționate, Ministerul Minelor și Energiei Electrice prin ordinul 5114/1961 a stabilit modalitatea de aplicare a tarifului pe tranșe pentru energia electrică consumată la iluminat și utilizări casnice, cu începere de la 15 august 1961, după cum urmează:

— Consumul lunar corespunzînd tranșei I cu 0,50 lei/kWh

— Restul consumului lunar — tranșa a II-a cu 0,30 lei/kWh

Mărimea tranșei I este egală cu 6 kWh pe cameră și lună în intervalul aprilie-septembrie și 12 kWh pe cameră și lună în intervalul octombrie—martie, iar restul consumului lunar ce depășește tranșa I formează tranșa a II-a.

La stabilirea mărimii tranșei I se iau în considerare la număr numai camerele de locuit, excluzîndu-se dependințele (bucătăria, baia, cămara, culoar, etc.).

Tabela 1

Anul	1938	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960
Consumul casnic	100	238,1	273,8	311,9	352,4	404,8	464,3	623,8	728,6	833,3	942,9	1031,0
Idem	—	100	114,9	130,9	148,0	170,0	195,0	261,9	306,0	349,9	396,0	439,0

În cazul tarifării energiei electrice la consumatorii care nu au încă montat contor (sistem pauşal), defalcarea consumului pe tranşe de consum se face ca şi în cazul existenţei contorului, mărimea tranşei I fixîndu-se în funcţie de numărul camerelor (exclusiv dependinţele), iar mărimea tranşei a II-a este egală, în acest caz, cu diferenţa dintre consumul total lunar stabilit conform normelor în vigoare pentru consumatorii fără contor şi consumul calculat pentru tranşa I.

Pentru consumatorii casnici, care posedă şi folosesc încălzitoare electrice de apă prin acumulare (boilere), de o capacitate de minimum 50 litri, tarifarea energiei electrice consumată se face astfel :

— pentru consumul de zi (orele 6—22) se aplică tariful pe tranşe, aşa cum s-a arătat mai sus ;

— pentru consumul de noapte (orele 22—6), se aplică tariful unic de 0,20 lei/kWh.

Prin aceasta şi consumul de energie electrică realizat în cursul nopţii cu alţi receptori de iluminat sau aparate electrice se tarifează tot cu 0,20 lei/kWh. Înregistrarea consumului de noapte — separat de cel de zi, pentru aplicarea tarifului respectiv — se face prin instalarea unui contor cu dublu cadran — cu dispozitiv de comutare pentru orele 6—22 şi 22—6.

Pe baza noului tarif fixat, consumatorii casnici sînt stimulaţi astfel în creşterea consumului de energie electrică prin reducerea costului mediu — faţă de tariful de 0,60 lei/kWh (valabil pînă la 15 august 1961), cu cote importante cuprinse între 17—60%.

În tabela 2 se arată preţul mediu rezultat şi cota de reducere obţinută pentru consumul

Tabela 2

Preţul mediu anual al energiei electrice şi reducerea obţinută la un consumator cu o cameră + dependinţe

Consum anual	pînă la 108	200	300	400	500	600	700
Preţ mediu lei/kWh	0,500	0,408	0,372	0,354	0,343	0,336	0,331
Reducerea %	16,7	32,0	38,0	41,0	42,8	44,0	44,8

Notă : Pentru abonaţii cu 2 sau mai multe camere se multiplică consumurile anuale din rîndul 1 cu numărul camerelor, valorile din rîndurile 2 şi 3 rămînînd aceleaşi.

anual realizat de un abonat cu 1 cameră plus dependinţe.

În tabela 3 se arată rezultatele pentru un acelaşi consumator, care beneficiază şi de tariful de noapte (0,20 lei/kWh) avînd şi un încălzitor electric prin acumulare de minimum 50 litri şi al cărui consum în intervalul 22—6 ar fi egal sau dublu faţă de consumul realizat în cursul zilei.

Conform Directivelor Congresului al III-lea al P.M.R., în perspectivă, se prevede o creştere importantă a consumului de energie electrică, res-

Tabela 3

Preţul mediu anual al energiei electrice şi reducerile obţinute la un consumator cu o cameră + dependinţe, care beneficiază şi de tariful de noapte (0,20 lei/kWh) între orele 22—6

Consum anual de zi (6—22)	pînă la 108	200	300	400	500	600	700
Consum de noapte (22—6) egal cu cons. zi.	108	200	300	400	500	600	700
Preţ mediu lei/kWh	0,350	0,304	0,286	0,277	0,271	0,268	0,265
Reducere %	41,7	49,3	52,3	53,8	54,8	55,3	55,8
Consum de noapte dublu faţă de cons. de zi.	216	400	600	800	1 000	1 200	1 400
Preţ mediu lei kWh	0,300	0,281	0,262	0,251	0,248	0,245	0,243
Reducere %	50,0	55,1	57,3	58,1	58,7	59,1	59,5

Notă. Reducerile indicate în tabelele 2 şi 3 sînt orientative, deoarece consumurile de energie electrică variază de la consumator la consumator, de la lună la lună şi de la anotimp la anotimp, etc., ceea ce poate conduce la reduceri şi mai mari, mai ales dacă consumul de noapte este mult mai mare decît cel de zi (în cazul aplicării tarifului de noapte).

pectiv a producţiei, de circa 2,7 ori în 1965 faţă de 1959, reprezentînd un ritm de creştere anual în această perioadă de cca. 18%, ceea ce marchează folosirea energiei electrice pe o scară cît mai largă în toate ramurile de activitate ale economiei naţionale.

Concomitent este prevăzută o creştere de acelaşi ordin de mărime şi a consumului pentru iluminat şi utilizări casnice, care urmează a se realiza prin :

— racordarea şi introducerea energiei electrice în cele cca. 300 000 apartamente noi, prevăzute a se construi în perioada 1960—1965 ;

— racordarea clădirilor mai vechi de la oraşe şi sate, care în prezent nu folosesc încă energia electrică în gospodărie ;

— racordarea tuturor gospodăriilor ţărăneşti din cele peste 4 000 sate ce se electrifică în perioada 1960—1965 ;

— folosirea pe o scară cît mai largă — în gospodăriile urbane şi rurale — a aparatelor electrocasnice de tot felul.

Faţă de cele arătate mai sus se consideră imperios necesar ca întreprinderile distribuitoare de energie electrică, sub îndrumarea forurilor tutelare, în mod organizat să pornească o acţiune susţinută de propagandă — pe toate căile — pentru folosirea pe o scară cît mai largă a energiei electrice în gospodăriile de la oraşe şi sate, contribuind la ridicarea nivelului de trai al populaţiei, traducîndu-se în viaţă astfel Hotărîrile C.C. al P.M.R. şi Consiliului de Miniştri din 27 iulie a.c.

Considerații asupra vicierii atmosferei prin gazele evacuate pe coșurile centralelor electrice

Ing. *C. BURDUCEA* și ing. *AL. CURELARU*

I. INTRODUCERE

La centralele termoelectrice pe cărbune și în anumite cazuri și pe păcură, creșterea puterii electrice este limitată de cantitatea de bioxid de sulf și de cenușă zburătoare evacuate pe coș, acestea fiind elemente nocive pentru oameni, animale, plante.

Deși în cazul instalațiilor de reținerea cenușii s-au făcut progrese importante, care au condus la mărirea gradului total de reținere a acestora, totuși în ceea ce privește bioxidul de sulf nu s-a putut realiza încă un procedeu economic de captare și, în special, fără micșorarea temperaturii gazelor evacuate pe coșul centralei.

Pentru a folosi totuși la maximum avantajele realizării unor centrale mari, este necesar să se cunoască elementele care fac posibilă reducerea concentrației de bioxid de sulf în mediul înconjurător, respectiv a depunerii de cenușă și, prin aceasta, creșterea în anumite limite a puterii centralei electrice.

Vicierea atmosferei se datorește :

— bioxidului de sulf (V_{RO2} conține SO_2 și CO_2) ;

— cenușii zburătoare.

1. Cantitatea de nocivități evacuate pe coș

1.1. *Cantitatea de* SO_2 *din gazele arse.*

Pentru determinarea cantității de SO_2 din gazele arse facem următoarele notații :

S — conținutul de sulf combustibil al cărbunelui, %

C_s — consumul specific de combustibil al centralei, $\frac{\text{kcal}}{\text{kWh}}$;

P_{ci} — puterea calorifică inferioară a cărbunelui, $\frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$;

C — consumul specific de combustibil mediu anual, $\frac{\text{kcal}}{\text{kWh}}$;

k — factor de corecție, $k = \frac{C}{C_s}$;

$\frac{k \cdot C_s}{P_{ci}}$ — consumul specific mediu anual de combustibil, $\frac{\text{kg}}{\text{kWh}}$.

În ipoteza că cenușa și zgura nu mai conțin sulf, cantitatea de SO_2 conținută în gazele arse la coș este :

$$(SO_2) = \frac{S}{100} \cdot \frac{C_s \cdot k}{P_{ci}} \cdot 1\,000 \cdot 2 = 20 \cdot S \cdot \frac{C_s}{P_{ci}} k \text{ kg } SO_2/\text{MWh}. \quad (1)$$

1.2. *Cantitatea de cenușă zburătoare din gazele arse.*

Cenușa este unul dintre elementele importante care caracterizează un combustibil, puterea calorifică a acestuia fiind direct dependentă de conținutul de cenușă.

La arderea cărbunilor în focarele cazanelor cenușa zburătoare este antrenată de gazele arse, iar zgura cade în pîlnia rece a focarului, din care este apoi evacuată.

O parte din cenușa zburătoare este reținută pe traseul gazelor arse, conform figurii 1.

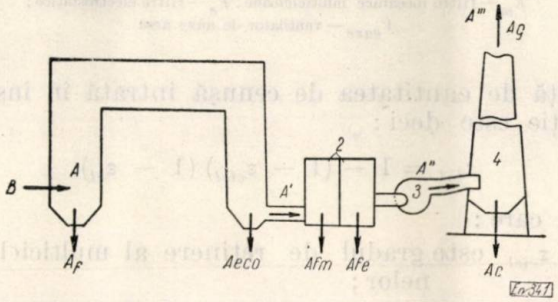


Fig. 1. Traseul gazelor arse purtătoare ale cenușii zburătoare :

1 — cazanul de abur ; *2* — instalația de reținere a cenușii (filtre mecanice și filtre electrostatice) ; *3* — ventilator de gaze arse ; *4* — coșul de fum.

Conform notațiilor din figura 1, cantitatea de cenușă zburătoare care este evacuată o dată cu gazele arse pe coș este :

$$A_g = A''' = [A - (A_f + A_{eco})](1 - \varepsilon_{tot}) - A_c \quad (2)$$

în care :

A este cantitatea de cenușă conținută în combustibil, kg/h ;

A — cantitatea de cenușă și zgură căzută în pîlnia focarului, kg/h ;

A_{eco} — cantitatea de cenușă căzută în pîlnia celui de-al doilea drum de gaze (eco, preînc. de aer), kg/h ;

ε_{tot} — gradul total de reținere al instalației de desprăfuire a gazelor arse (filtre), % ;

A_c — cantitatea de cenușă căzută în pîlnia coșului de fum, kg/h.

Celelalte notații din figura 1 sînt :

B — cantitatea orară de combustibil introdusă în focar, kg/h ;

A_{f_m} — cantitatea de cenușă reținută de filtrele mecanice, kg/h ;

A_{f_e} — cantitatea de cenușă reținută de filtrele electrice, kg/h.

În ceea ce privește gradul total de reținere ε_{tot}, acesta se deduce ținîndu-se seamă de notațiile din figura 2.

Dacă se presupune că în filtrele mecanice intră 1 kg de cenușă, atunci, după instalația de reținere, în gazele arse mai rămîne o cantitate de cenușă egală cu :

$$(1 - \varepsilon_{cicl})\ (1 - \varepsilon_{el}),\ \text{kg}$$

iar gradul total de reținere al instalației definit ca raportul dintre cantitatea de cenușă reținută

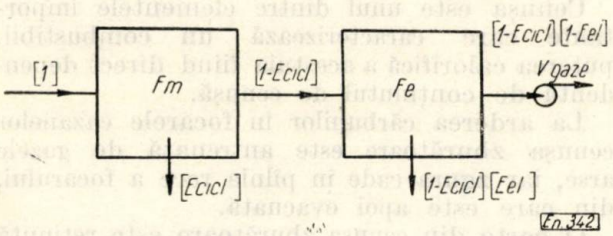


Fig. 2. Instalația de reținere a cenușii din gazele arse: E_m — filtre mecanice multicicloane; F_e — filtre electrostatice; V_{gaze} — ventilator de gaze arse

față de cantitatea de cenușă intrată în instalație este deci :

$$\varepsilon_{tot} = 1 - (1 - \varepsilon_{cicl})\,(1 - \varepsilon_{el}). \qquad (3)$$

în care :

ε_{cicl} este gradul de reținere al multicicloanelor ;

ε_{el} — gradul de reținere al electrofiltrelor.

Cantitățile de cenușă reținute în porțiunile de traseu al gazelor arse, indicate în figura 1, sînt :

$A_f \cong (0{,}15 \ldots 0{,}20)$. A la cazane cu focar cu evacuare uscată a zgurii ;

$A_f \cong (0{,}40 \ldots 0{,}50)$. A la cazane cu focare de topire (evacuarea lichidă a zgurii) ;

$A_{eco} \cong (0{,}10 \ldots 0{,}15)$. A ;

A_{f_m} depinde de gradul de reținere al instalației mecanice de reținere (de obicei multicicloane) ε_{cicl} realizat în tehnica mondială atinge valori cuprinse între 70% și 90% ;

A_{el} depinde de gradul de reținere al instalației electrice de reținere (filtre electrostatice) ε_{el} realizat în tehnica mondială atinge valori cuprinse între 80% și 99%.

Gradul total de reținere este influențat de posibilitățile de reținere ale instalației mecanice și ale celei electrice astfel :

Pentru cicloane, efectul separării (reținerii) este mare dacă :

— cenușa zburătoare are o greutate specifică mare ;

— viteza gazelor în ciclon este mare ;

— diametrul ciclonului este mic ;

— cenușa zburătoare are granulație mare ;

— viscozitatea dinamică a gazelor este mică (la temperaturi mai scăzute) ;

— conținutul de particule din gazele arse este mare.

Pentru filtrele electrostatice, gradul de reținere depinde de :

— durata de ședere a gazelor (respectiv a prafului din gaze) în electrofiltre — deci de viteza gazelor arse în această instalație ;

— intensitatea cîmpului electric ; în legătură cu aceasta se precizează că CO_2, SO_2 și vaporii de apă în gazele arse fac posibilă o tensiune mai mare de alimentare, în timp ce CO și aerul au efectul contrariu ; și de aici rezultă necesitatea unei arderi complete ;

— proprietățile gazelor purtătoare concretizate prin posibilitățile de ionizare ;

— conductibilitatea particulelor în cîmpul electric ;

— granulația particulelor din gazele arse, cele mai mari separîndu-se mai ușor, iar cele mai fine mai greu. Cocsul zburător se separă foarte greu, deci gradul de reținere depinde și de nearsele mecanice din gaze ;

— conținutul de particule din gazele arse.

Garanțiile furnizorilor de filtre electrostatice în ceea ce privește gradul de reținere sau de separare al acestora trebuie legate de :

— debitul de gaze arse ce trec prin instalație ;

— temperatura gazelor arse evacuate ;

— conținutul de CO_2 în gazele arse ;

— conținutul de praf (particule) în gazele arse ;

— conținutul maxim admisibil de nearse în gazele ce se evacuează.

Creșteri mici ale gradului de reținere al electrofiltrelor în zona valoriior maxime ale acestuia se obțin pe seama unor creșteri importante ale costurilor de investiție ale instalației.

2. Factorii de care depinde cantitatea elementelor nocive din gazele arse

Elementele nocive din gazele arse evacuate pe coșurile centralelor electrice — cenușa zburătoare și bioxidul de sulf — sînt în strînsă legătură cu anumiți factori determinanți cantitativ, și anume :

2.1. *Caracteristicile cărbunelui rezultînd din analiza elementară a acestuia*

În componența chimică a cărbunelui intră și :

— Conținutul de cenușă A. Între puterea calorifică inferioară a cărbunelui, conținutul de cenușă și umiditatea lui este o dependență strînsă.

Lignitul conține o cantitate apreciabilă de cenușă și, din această cauză, influența lui negativă prin arderea în cazane asupra vecinătăților centralei trebuie studiată atent. Valorile procentuale ale cenușii conținute în ligniții din țara noastră — raportate la masa inițială — sînt între 20 și 30%.

— Conținutul de sulf combustibil. Cărbunii inferiori sînt de obicei bogați în sulf. Valori procentuale ale sulfului combustibil — conținut în ligniți — cuprinse între 0,7% și 3,00% sînt frecvente.

La aceeași putere instalată a centralei, cantitățile de cenușă și de bioxid de sulf conținute în gazele arse sînt direct proporționale cu conținuturile procentuale ale lor în cărbunele folosit.

La cercetări mai amănunțite făcute asupra bioxidului de sulf din gazele arse s-a constatat că o anumită cantitate din acesta se leagă de particulele de cenușă zburătoare, care sînt bazice.

Această acțiune este înlesnită prin condensarea vaporilor de apă din gazele arse.

Unii cercetători au găsit în particulele zburătoare din gazele arse un conținut de sulf de cca. 3% pînă la 10% din sulful (respectiv SO_2) conținut în gazele arse.

La aceasta este de observat că oxizii sulfului nu sînt legați numai chimic de oxizii metalelor, ci în special sînt adsorbiți de particulele din cenușa zburătoare, pe care de altfel s-a găsit, în cazurile studiate, un film subțire de acid.

Acțiunea legării sulfului, respectiv a bioxidului de sulf din gazele arse, de particulele zburătoare este micșorată prin mărirea gradului total de reținere al instalațiilor de separare a cenușii zburătoare, deoarece acestea intervin la un interval scurt de timp după formarea bioxidului de sulf în focarul cazanului, iar condensarea parțială a vaporilor de apă are loc mai tîrziu, pe măsură ce temperatura gazelor arse scade.

2.2. *Elemente caracteristice ale centralei electrice și ale instalațiilor acesteia.*

— *Puterea instalată a centralei* este în strînsă legătură cu cantitățile de cenușă zburătoare și de bioxid de sulf conținute în gazele arse.

Pentru aceeași calitate a cărbunelui folosit, cantitatea de cenușă zburătoare și cea de bioxid de sulf din gazele arse este direct proporțională cu puterea electrică a centralei, în cazul centralelor de condensație pură, și cu debitul de abur produs de cazane, în cazul centralelor electrice în general.

După cum s-a amintit anterior, instalarea puterii în centralele electrice este condiționată, pe lîngă alți factori de bază, de posibilitatea asigurării respectării normelor sanitare referitoare la nocivitățile produse de SO_2 și de cenușa zburătoare, evacuată o dată cu gazele arse pe coșul centralelor.

— *Tipul de focar folosit la cazanele centralei.* În cazul focarelor de topire (cu evacuarea lichidă a zgurii) procentul de cenușă evacuat în stare lichidă din focare este apreciabil (cca. 50% din întreaga cantitate de cenușă). Acest fapt are ca urmare degrevarea instalațiilor de reținere a cenușii așezate între cazan și coș. Reducerea dimensiunilor acestor instalații are efecte favorabile asupra reducerii puterii necesare ventilatoarelor de gaze arse, deoarece o dată cu micșorarea dimensiunilor scade și cantitatea de aer (fals) ce pătrunde prin aceste instalații.

Focarele de topire nu se pot realiza fără combustibil auxiliar pentru toate sorturile de cărbuni. Așa, de exemplu, la unele categorii de ligniți din țara noastră temperatura ce se realizează în focar este inferioară temperaturii de topire a zgurii și cenușii.

— *Gradul de reținere al instalațiilor de separare a cenușii zburătoare din gazele arse.* Aspectele principale ale acestei probleme au fost tratate pe scurt la pct. 1.2.

În ceea ce privește reținerea bioxidului de sulf din gazele arse, tehnica actuală nu cunoaște instalații perfecționate proprii acestui scop.

Recuperarea bioxidului de sulf din gazele arse a preocupat și preocupă pe mulți cercetători din diferite țări — fără însă să fi căpătat o soluționare corespunzătoare din punct de vedere tehnico-economic.

Există la centralele electrice cîteva cazuri izolate, foarte puține, de asemenea instalații, care au constituit o experiență defavorabilă extinderii utilizării lor.

Instalațiile pentru captarea bioxidului de sulf din gazele arse gîndite pînă acum au două mari inconveniente, și anume:

— sînt foarte costisitoare, în special în raport cu costul de investiții al centralei electrice;

— provoacă reducerea substanțială a temperaturii gazelor arse evacuate, ceea ce are ca urmare condensarea vaporilor de apă și micșorarea înălțimii efective a coloanei de gaze ce se ridică în atmosferă, conducînd la mărirea nocivității de SO_2 și de cenușă în împrejurimile centralei.

Reducerea temperaturii gazelor arse pînă la temperatura 50...60°C se datorește spălării acestora cu soluții bazice. În gaze însă mai rămîne o cantitate importantă de bioxid de sulf, care în gazele umezite prin spălare are o acțiune corosivă mult mai intensă decît în gazele necurățate, aducînd prejudicii traseului prin care sînt evacuate în atmosferă.

3. Norme și indicații privind valorile nocivităților admisibile în atmosfera înconjurătoare

3.1. *Acțiunea nocivă a bioxidului de sulf și a cenușii asupra ființelor*

Din punct de vedere igienico-sanitar, problema acțiunii nocive a bioxidului de sulf poate fi privită analog cu aceea a cenușii zburătoare.

Bioxidul de sulf în concentrație mare în aerul înconjurător este nociv pentru viețui-

toare şi pentru culturi agricole — la primele provocînd scăderea numărului de globule roşii în sînge, iar la celelalte perturbînd asimilaţia clorofiliană. Studii aprofundate făcute în legătură cu această problemă au arătat că :

la oameni

concentraţii de 1400...1700 mg/m³ SO_2 inhalate 0,5... 1 h produc moartea ;

concentraţii de 400 ... 500 mg/m³ SO_2 inhalate 0,5 ... 1 h pericol de moarte ;

concentraţii de 176 ... 640 mg/m³ SO_2 inhalate 0,5 ... 1h leşin, apoi revine ;

concentraţii de 50 mg/m³ SO_2 — tuse puternică, ustură ochii, atacă gîtul şi plămînii ;

omul sesizează prin miros şi gust concentraţii de SO_2 începînd de la 8 mg/m³ (după anumite încercări medicale) ;

la şoareci ;

concentraţii de 1500 mg/m³ SO_2 inhalate 0,5 ... 1 h mort după 2 zile ;

concentraţii de 1000 mg/m³ SO_2 inhalate la 0,5 h îşi revine.

În ceea ce priveşte cenuşa zburătoare, aceasta provoacă boli ale sistemului respirator. Plantele supuse timp îndelungat unei „ploi" de cenuşă se ofilesc, iar dezvoltarea lor ulterioară este mult stingherită.

3.2. *Valorile admisibile ale concentraţiei de* SO_2 *şi ale depunerii de cenuşă în mediul înconjurător*

Valorile admisibile ale concentraţiei de SO_2 şi ale depunerii de cenuşă în mediul înconjurător diferă de la ţară la ţară, neexistînd încă o rezolvare unitară pe scară mondială a acestei probleme.

Concentraţiile admisibile de SO_2 (mg/m³) în atmosfera înconjurătoare, în apropierea solului şi depunerile admisibile de cenuşă pe sol* sînt :

— În U.R.S.S. — Concentraţia de SO_2 : în cartierele de locuit : 0,50 mg/m³ valoare max. momentană, 0,15 mg/m³ valoare medie
— Concentraţia de SO_2 pe teritoriul fabricilor : 20 mg/m³ valoare maximă momentană.
— Concentraţia de praf : 2 mg/m³ în împrejurimile CTE.

— În R.P.B. — Concentraţia de SO_2 : 0,75 mg/m³ — pt. o singură viciere. 0,25 mg/m³ valoare medie zilnică.
— Concentraţia de cenuşă : Idem ca mai sus.

— În R.P.U. — Concentraţia de SO_2 în cartiere de locuit : 0,75 mg/m³ pentru o singură viciere. 0,25 mg/m³ valoare medie zilnică.
— Concentraţia de SO_2 pe teritoriul fabricilor : 1,00 mg/m³ valoare medie zilnică.
— Depunerea de cenuşă : 150 t/km².an — în centre populate neindustriale. 200 t/km². an în centre industriale

— În R.D.G. — Conţinutul de praf din gazele arse la ieşirea pe coş : > 1 g/Nm³.

— În R.P.R. — Concentraţia de SO_2 în cartiere de locuit : 0,50 mg/m³ valoare maximă momentană, 0,15 mg/m³ valoare medie de durată.

— În Franţa — existau pînă în 1955 diferite instrucţiuni astfel :
— gazele arse să nu conţină mai mult de 1,5 g/Nm³ cenuşă zburătoare ;
— debitul orar de cenuşă evacuată pe coş să nu depăşească 300 kg/h pentru o instalaţie (nu se defineşte însă ce înseamnă o instalaţie) ;
— CTE aflate la o distanţă maximă de 10 km de oraş nu trebuie să elimine cu gazele arse mai mult de 1 % CO, iar conţinutul de sulf al cărbunelui ars să nu depăşească 2 %.

— În Olanda — prescripţiile din 1947 (nemodificate pînă în anul 1955) precizau :
— emisia de cenuşă zburătoare de la cazanele de abur care ard mai mult de 100 kg/h combustibil să nu fie mai mare de $\left(\frac{H}{50}\right)^2$ g/Nm³ de fiecare coş (H fiind înălţimea coşului) ;
— în praful emis pe coş nu trebuie să existe particule de 50 μ mai mult de 0,025 $\left(\frac{H}{50}\right)^2 \frac{g}{Nm^3}$.

— În Anglia — pînă în anul 1955 nu a existat o prescripţie unitară privind normarea concentraţiilor admisibile de SO_2 sau a depunerilor de cenuşă. Exista însă recomandarea privind conţinutul maxim admisibil de praf din gazele arse la evacuare şi anume, acesta să nu depăşească 0,92 g/Nm³ de gaze, iar cantitatea maximă de particule mai mare de 20 μ să nu depăşească 0,006 g/Nm³ ;

— În S.U.A. — nu exista pînă în anul 1955 o reglementare unitară a valorilor admisibile ale concentraţiilor de SO_2 şi ale depunerilor de cenuşă. Erau indicate numai conţinuturile maxime de praf în gazele arse evacuate pe coş, în funcţie de debitul de abur al centralei ;

— În R.F.G. — pînă în anul 1955 au existat numai indicaţii calitative privind reducerea nocivităţilor produse de centralele electrice.

* În unele ţări nu se normează depunerile admisibile de cenuşă în t/km². an, ci concentraţiile de cenuşă ale aerului la nivelul solului în mg/m³.

II. CALCULUL RĂSPÎNDIRII ÎN ATMOSFERA ÎNCONJURĂTOARE A NOCIVITĂŢILOR CONŢINUTE ÎN GAZELE EVACUATE PE COŞURILE CENTRALELOR ELECTRICE

1. Elemente de meteorologie

Evacuarea gazelor arse de la centralele electrice se face în stratul inferior al atmosferei — denumit troposferă. În troposferă, care conţine majoritatea aerului şi umidităţii din atmosferă, au loc deplasări verticale şi orizontale ale maselor de aer.

Deplasările verticale au viteze relativ scăzute, cca. 7 cm/s, iar cele orizontale viteze relativ ridicate.

Aceste deplasări măresc acţiunea de difuzie a gazelor arse în atmosferă, realizîndu-se prin acest fenomen micşorarea cantităţii de gaze arse conţinute într-un m³ de aer, respectiv a concentraţiei.

Gradientul de temperatură a aerului este considerat drept criteriu al stabilităţii atmosferei.

În mod normal temperatura aerului scade cu înălţimea cu cca. 0,5... 0,6°C pe 100 m, dar apar situaţii speciale, cînd temperatura

aerului crește cu înălțimea în anumite zone. Acest fenomen se numește inversie și apare pînă la înălțimi de 400...500 m, în special în nopțile liniștite, ca urmare a răcirii pămîntului prin radiație.

În general, straturile de inversie sînt de 3...5°C, mai rar de 6...9°C și majoritatea lor se distrug în cursul zilei.

Din punct de vedere al împrăștierii gazelor arse în atmosferă, stratul de inversie constituie un obstacol în calea (jetului) coloanei de fum, făcînd ca aceasta să devină orizontală și prin aceasta să ajungă mai repede la sol, mărindu-se astfel concentrațiile de nocivități.

Stratul de inversie poate fi străbătut în cazul coșurilor înalte de coloane de fum avînd viteză mare ascensională. În acest caz gazele arse nu se mai pot întoarce la sol, deoarece stratul de inversie nu mai poate fi străpuns de gazele aflate în partea lui superioară.

Deplasările puternice ale aerului — vînturile — se produc pe orizontală, cu intensități și direcții variabile în timp. Variațiile în intensitate și direcție ale vînturilor se datoresc neregularității reliefului și repartiției neuniforme a temperaturii. Ca urmare, datorită acestor variații, se produc efecte turbionare care au o influență importantă asupra antrenării și împrăștierii în atmosferă a vaporilor de apă, a căldurii, a gazelor și a diferitelor suspensii, conducînd la o oarecare uniformizare volumetrică a acestora.

Viteza vînturilor variază cu înălțimea astfel :

$$U = U_0 \frac{Z^{\frac{n}{2-n}} - Z_0^{\frac{n}{2-n}}}{Z_1^{\frac{n}{2-n}} - Z_0^{\frac{n}{2-n}}} \qquad (4)$$

în care :

U este viteza vîntului la înălțimea Z în m/s ;

U_0 — viteza vîntului la înălțimea Z_1 în m/s ;

n — coeficient care caracterizează stabilitatea atmosferei și care depinde de gradientul de temperatură

$$n = 0 \ldots 0{,}5 ;$$

Z_0 — înălțimea de la sol la care viteza vîntului este nulă, în m.

În cazul $n = 0$

$$U = U_0 \frac{\ln \frac{Z + Z_0}{Z_0}}{\ln \frac{Z_1 + Z_0}{Z_0}} . \qquad (5)$$

Expresia vitezei vîntului la înălțimea Z se mai poate scrie și sub forma :

$$U = U_0 \varphi, \qquad (6)$$

în care :

$$\varphi = \frac{Z^{\frac{n}{2-n}} - Z_0^{\frac{n}{2-n}}}{Z_1^{\frac{n}{2-n}} - Z_0^{\frac{n}{2-n}}} , \qquad (7)$$

iar pentru cazul $n = 0$

$$\varphi = \frac{\ln \frac{Z + Z_0}{Z_0}}{\ln \frac{Z_1 + Z_0}{Z_0}} . \qquad (8)$$

În ceea ce privește corelația dintre starea atmosferei, viteza vîntului, gradientul de temperatură și exponentul n, aceasta este după unii cercetători :

Starea atmosferei	Viteza vîntului m/s	Gradientul de temp. °C/100 m	Exponentul n
labilă	7	1,0	0,2
indiferentă	5	0,6	0,25
stabilă	2	0,0	0,5

2. Împrăștierea în atmosferă a bioxidului de sulf conținut în gazele evacuate

Împrăștierea gazelor evacuate prin coșurile centralelor se produce datorită lărgirii jetului de gaze (coloana de fum). Mărirea dimensiunilor jetului pe măsura avansării lui conduce la mărirea cantității de aer în jet în raport cu cantitatea de gaze, ca urmare a turbulenței, și, prin aceasta, la scăderea concentrației gazelor în aer.

Dacă evacuarea gazelor se face în atmosferă complet liniștită, atunci împrăștierea are loc pe baza mișcării jetului liber, și anume jetul se dirijează în sus datorită vitezei și temperaturii pe care le are, se lărgește, concentrația scade mult și gazele ajung la sol foarte departe de sursă. Acest fenomen poate fi însă perturbat de :

— ceață sau ploaie ; în acest caz umiditatea respectivă antrenează spre sol gazele, creîndu-se concentrații mari la sol ;

— inversie și vînturi slabe ; în acest caz gazele pot ajunge mai repede la sol, așa cum s-a arătat anterior, producîndu-se mărirea concentrației la sol.

Însă majoritatea cazurilor de mișcare a jetului de gaze se face sub influența vîntului, care imprimă jetului la ieșirea din coș o traiectorie parabolică, iar pe măsura înaintării jetului în atmosferă traiectoria lui devine orizontală. Această mișcare se caracterizează prin următoarele :

— lățirea jetului se face în primul rînd sub influența vitezei de ieșire, care produce turbulența interioară, și apoi sub influența turbulenței atmosferei, aceasta din urmă manifestîndu-se din plin cînd jetul devine orizontal ;

— traiectoria jetului este determinată de viteza proprie a jetului și de viteza vîntului.

La ieșirea din coș jetul are o formă ce se apropie de cea conică, iar pe orizontală devine un con eliptic. La punctul în care generatoarea conului orizontal atinge pămîntul, în acest punct A (fig. 3) începe zona de impurificare.

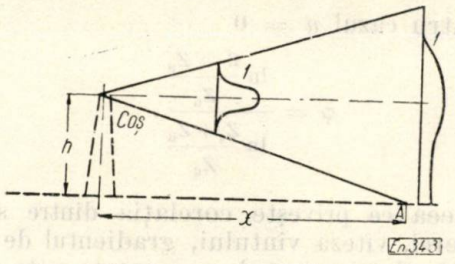


Fig. 3. Răspîndirea fumului la mișcarea turbulentă a aerului:
1. — concentrația gazelor în secțiune.

Începînd de la punctul A solul este măturat atît de gazele care se tîrăsc pe sol, cît și de gazele care vin în continuare din conul de împrăștiere. Acest fenomen face ca concentrația de gaze la sol să aibă un maximum în apropierea punctului A, după care concentrația începe să scadă.

Unghiul de deschidere al conului orizontal — presupus de unii cercetători că are vîrful la ieșirea din coșul de fum (considerîndu-se înălțimea efectivă și nu cea fizică) — este determinat de turbulență, respectiv de mărimea vitezei de schimb între aer și gaze.

Se presupune că debitul de gaze care trece printr-o secțiune a conului perpendiculară pe direcția vîntului se menține constant, pînă în secțiunea care trece prin punctul A. Din acest punct se consideră o reflexie a gazelor la sol, ceea ce provoacă variația debitului de gaze din secțiunile următoare.

Ținînd seama de această reflexie, expresia întrebuințată de Andreev [1] pentru determinarea concentrației în conul de gaze în orice punct este:

$$K = \frac{Q}{\pi \cdot u \cdot C_y \cdot C_z \cdot x^{2-n}} \cdot e^{\left(-\frac{y^2}{C_y^2 \cdot x^{2-n}}\right)} \left[e^{-\frac{(z-h)^2}{C_z^2 \cdot x^{2-n}}} + e^{-\frac{(z+h)^2}{C_z^2 \cdot x^{2-n}}} \right] \quad (9)$$

în care:

n este exponentul meteorologic;

$C_y \cdot C_z$ — coeficienții de difuzie $[L]^{\frac{n}{2}}$;

Q — debitul de gaze arse, mg/S;

x — distanța de la coș — în direcția vîntului, m;

y — distanța orizontală de la axa orizontală a conului de răspîndire a gazelor, m;

z — înălțimea de la sol, m;

K — concentrația gazelor în punctul de coordonate x, y, z, mg/m³;

h — înălțimea coșului, m;

u — viteza vîntului, m/s.

Expresia concentrației la sol este (pt. $Z=0$):

$$K_0 = \frac{2Q}{\pi \cdot u \cdot C_y \cdot C_z \cdot x^{2-n}} \cdot e^{-\frac{y^2}{C_y^2 \cdot x^{2-n}} - \frac{h^2}{C_z^2 \cdot x^{2-n}}}. \quad (10)$$

Exponentul meteorologic n se determină fie din relația (4) fie din:

$$u = u_1 \left(\frac{z}{z_1}\right)^{\frac{n}{2-n}} \quad (11)$$

în care u este viteza vîntului la înălțimea Z_1. De obicei în meteorologie se ia $Z_1 = 16$ m.

Coeficienții de difuzie se calculează cu expresiile:

$$C_y^2 = \frac{4\nu^n}{(1-n)(2-n)\, u^n} \cdot \left[\frac{u'_y}{u'_z}\right]^{2-2n} \quad (12)$$

în care:

ν este viscozitatea cinematică a aerului;

u — viteza medie a vîntului în direcția x;

u'_y, u'_z — abaterea vitezei de la viteza medie în direcția y, respectiv z,

sau se iau în funcție de înălțimea coșului de fum, conform tabelei 1

Tabela 1

h (m)	C_y (cm 1/8)	C_z (cm 1/8)
10	0,21	0,12
25	0,12	0,12
75	0,09	0,09
100	0,07	0,07
100	0,05	0,05

Concentrația gazelor la sol pe direcția vîntului ($z = 0$, $y = 0$) este:

$$K_0 = \frac{2Q}{\pi \cdot u \cdot C_y \cdot C_z \cdot x^{2-n}} \cdot e^{-\frac{h^2}{C_z^2 \cdot x^{2-n}}} \quad (13)$$

și atinge valoarea maximă la distanța:

$$x_{max} = \left[\frac{h}{Cz}\right]^{\frac{2}{2-n}} \quad (14)$$

Valoarea maximă a concentrației la sol se poate calcula direct cu ajutorul relației.

$$K_{max} = 0{,}235 \frac{Q}{u \cdot h^2} \cdot \frac{C_z}{C_y}. \quad (15)$$

În toate expresiile date mai sus, pentru calculul concentrației gazelor, s-a considerat că pe coș se elimină numai gaze arse. În realitate, o dată cu gazele se evacuează și o cantitate de aer L_H. Ținîndu-se seama de acest fapt,

toate formulele indicate au același aspect, cu excepția că la numitor se mai adaugă termenul L_H. În practică nu se ține seama de valoarea lui L_H, deoarece eroarea de calcul ce se face în acest caz nu depășește 0,5%. Excepție face cazul $x = 0$, $y = 0$, $z = h$ (concentrația la vîrful coșului), cînd anularea termenului L_H ar duce la aflarea unei concentrații infinite, fapt ce nu ar corespunde realității.

O altă formulă răspîndită pentru calcularea concentrației bioxidului de sulf la sol (dată de I. L. Pearson și C. H. Bosanquet) se prezintă sub forma:

$$K_0 = \frac{Q}{\sqrt{2\pi} \cdot q \cdot p \cdot u \cdot x^2} \cdot e^{-\frac{h}{p \cdot x} - \frac{y^2}{2q^2 x^2}} \qquad (16)$$

unde $p = 0{,}05$ și $q = 0{,}08$ sînt coeficienți de difuzie.

Calculînd cu această formulă, concentrația la sol pe direcția vîntului, concentrația maximă la sol și distanța de la coș la care se găsește concentrația maximă sînt date de expresiile:

$$K_0 = \frac{Q}{\sqrt{2\pi} \cdot q \cdot p \cdot u \cdot x^2} \cdot e^{-\frac{h}{p \cdot x}} \qquad (17)$$

$$K_{max} = 0{,}216 \cdot \frac{Q}{u \cdot h^2} \cdot \frac{p}{q} \qquad (18)$$

și respectiv

$$x_{max} = \frac{h}{2p}. \qquad (19)$$

Din compararea celor două categorii de formule rezultă că cele propuse de C. H. Bosanquet și I. L. Pearson dau valori ceva mai mici decît primele formule (cunoscute sub numele de formulele lui Teveroski și Sutton). Figura 4, reprodusă după Md. YGB — aprilie 1955, ce reprezintă concentrația gazelor la sol amplificate cu raportul u/Q în funcție de distanța de la coș, calculate în aceleași condiții meteorologice, demonstrează clar acest lucru.

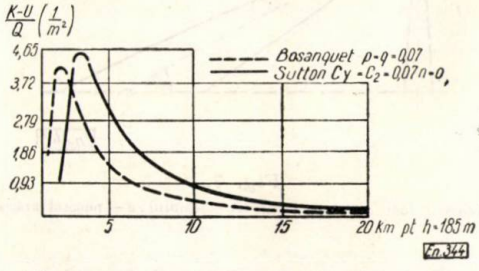


Fig. 4. Concentrația gazelor la sol, în funcție de depărtarea de coș

În figura 5 se arată variația teoretică a concentrației bioxidului de sulf, în diferite condiții meteorologice, în funcție de distanța de la coș, pentru o centrală de termoficare funcționînd pe cărbune inferior ce se construiește în Republica Populară Romînă.

Concentrațiile de bioxid de sulf calculate cu formulele de mai sus corespund concentrațiilor maxime momentane. Măsurătorile practice

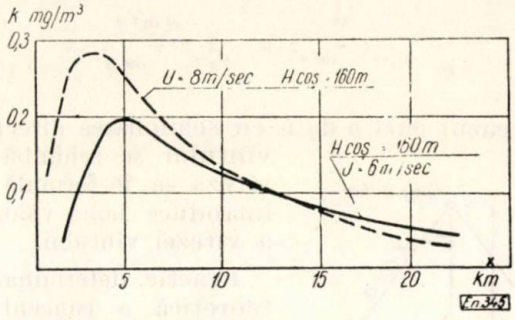


Fig. 5.

au arătat însă că valorile concentrațiilor obținute pe cale teoretică diferă apreciabil de cele determinate prin măsurători pe teren, valorile obținute scăzînd o dată cu mărirea timpului de luarea probei. Cercetări îndelungate au permis stabilirea unui coeficient de corecție η cu care trebuie înmulțită valoarea concentrației maxime momentane — calculată teoretic —, spre a obține concentrația maximă momentană reală. În cazul măsurătorilor a căror durată variază între 5 minute și 24 de ore, coeficientul de corecție η variază între 1 și 0,22. În calculele curente η se determină din expresia:

$$\eta = 1 + \frac{5 - \Delta t}{2 \cdot \Delta t^{0,9}} \qquad (20)$$

în care: Δt este perioada luării probei din aer, în min. În mod obișnuit $t = 20' - 30'$ și corespunde unui $\eta = 0{,}5 - 0{,}4$.

Măsurătorile practice au mai arătat de asemenea că valoarea concentrației momentane variază în decurs de 24 de ore, ca urmare a variației vîntului (pe direcție și intensitate) în decurs de o zi și o noapte.

În afară de concentrația maximă momentană a bioxidului de sulf, normele sanitare impun și respectarea concentrației medii de durată. Ultima poate fi și ea dedusă teoretic, pornind de la formulele de calcul al concentrației maxime momentane și ținînd seama că durata, direcția și intensitatea vîntului variază în permanență. Ca valoare limită a variației direcției vîntului se admite unghiul de 67,5 grade, deoarece se consideră că vînturile ce bat cu o înclinare mai mare față de direcția lor predominantă (pe care direcție se consideră punctul interesat) nu mai pot crea concentrații de bioxid de sulf cît de cît însemnate în punctul cercetat. Figura 6 reprezintă schema de calcul al concentrației medii de durată. Dacă vîntul își schimbă direcția cu unghiul α, concentrația în punctul de observație se micșorează, deoarece fluxul de gaze va

fi dirijat sub un unghi α față de punctul de observație, iar formula de calcul al concentrației capătă următorul aspect:

$$K_0 = \frac{\eta \cdot 2 \cdot Q}{\pi \cdot C_y \cdot C_z \cdot u \cdot x^{2-n} \cdot \cos\alpha^{2-n}} \cdot$$

$$\cdot e^{-\frac{h^2}{C_z^2 \cdot x^{2-n} \cos\alpha^{2-n}} - \frac{x^2 \sin^2\alpha}{C_z^2 \cdot x^{2-n} \cdot \cos^{2-n}\alpha}} \qquad (21)$$

În cazul cînd o dată cu schimbarea direcției vîntului se schimbă și viteza sa, în formulă se introduce noua valoare a vitezei vîntului.

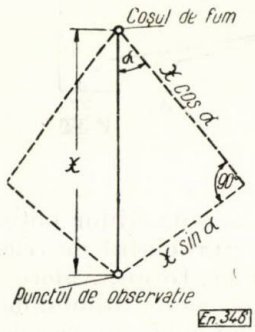


Fig. 6.

Practic, determinarea teoretică a concentrației medii de durată SO_2 se face în modul următor: se împarte sectorul circular format din unghiul $\pm 67{,}5°$ în șase părți egale și pentru fiecare unghi se determină concentrația de SO_2 conform formulei (21). Valorile rezultate se introduc în expresia (22), obținîndu-se astfel concentrația medie de durată.

$$K_{med} = \frac{\sum_1^7 K_0 P}{\sum P} \qquad (22)$$

unde:

K_0 este concentrația de SO_2 pe sol obținută pentru diferite valori ale unghiului;

P — repetarea suflării vîntului pe direcțiile corespunzătoare diferitelor unghiuri α, exprimate în procente.

Valorile lui P se deduc din roza vînturilor după frecvență pentru regiunea unde se află amplasată centrala electrică și punctul de observație ce interesează.

Toate expresiile de difuzie a gazelor în atmosferă analizate pînă acum se referă la cazurile cînd există o singură sursă de infectare a atmosferei. În cazul existenței mai multor surse, concentrațiile de SO_2 pentru un punct considerat se calculează pentru fiecare sursă separat, avîndu-se în vedere faptul că punctul se află la distanțe diferite de fiecare sursă și sub unghiuri diferite față de direcția predominantă a vîntului. Rezultatele obținute se adună aritmetic și suma reprezintă concentrația de SO_2 în punctul dat.

3. Împrăștierea în atmosferă a cenușii conținute în gazele evacuate

Întrebuințarea ecuațiilor lui Teveroski-Sutton și pentru analiza răspîndirii cenușii zburătoare este posibilă numai în ipoteza în care se ține seama de faptul că la fiecare distanță de sursă de infectare cade pe sol o anumită cantitate de cenușă. Acest lucru se obține prin neglijarea termenului de reflexie, ceea ce înseamnă că cenușa o dată ce atinge pămîntul se sedimentează acolo. Matematic aceasta se traduce prin renunțarea la ultima expresie exponențială din paranteza ecuației (9).

De asemenea, la răspîndirea cenușii zburătoare se presupune că viteza de cădere — V_s — a particulelor de praf se suprapune aditiv peste viteza de schimb a masei de aer la răspîndirea turbulentă. Datorită acestui fapt, înălțimea z din ecuația (9) devine:

$$z' = z + \frac{V_s}{u} \cdot x. \qquad (23)$$

Transformarea lui z în z' înseamnă că axa mediană a conului de răspîndire nu mai este paralelă cu solul — ca în cazul răspîndirii gazelor — ci se dirijează față de sol la anumit unghi (fig. 7).

Înclinarea axei mediane a conului de răspîndire a cenușii zburătoare față de sol este cu atît mai mare cu cît viteza de cădere a particulelor este mai mare, iar valoarea ei se determină din relația:

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{V_s}{u}. \qquad (24)$$

Locul de intersecție a medianei conului de răspîndire cu solul se numește punctul Stokes, adică punctul la care ar cădea particulele de praf în cazul în care răspîndirea lui s-ar face numai prin laminare fără turbulențe sau schimburi.

Ținînd seamă de cele expuse și făcînd modificările corespunzătoare în relația (9), se obține expresia matematică ce dă valoarea concen-

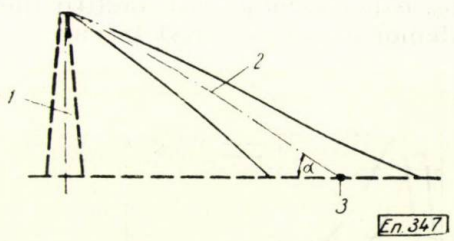


Fig. 7.

1 — coșul de fum; *2* — axa mediană a conului; *3* — punctul Stokes.

trației de cenușă zburătoare în orice punct al spațiului ocupat de coloana de fum.

$$S = \frac{Q}{\pi \cdot C_y \cdot C_z \cdot u \cdot x^{2-n}} \cdot e^{-\frac{y^2}{C_y^2 \cdot x^{2-n}} - \frac{\left(z + \frac{V_s}{u} x - h\right)^2}{C_z^2 \cdot x^{2-n}}} \qquad (25)$$

în care:

Q este debitul de cenușă evacuată pe coș în unitatea de timp cu particule avînd aceeași viteză de cădere.

S — concentrația de cenușă.

Restul notațiilor rămîne același ca în ecuația (9).

Pentru a se obține depunerea de cenușă, se

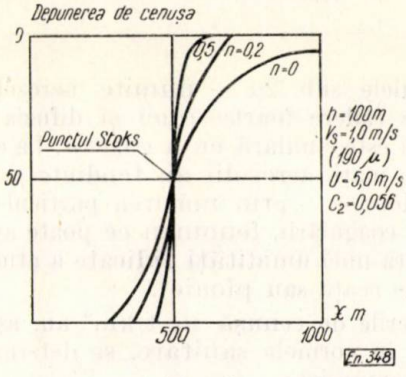


Fig. 8.

integrează ecuația (25) după y și z la o distanță constantă de coș x. Limitele de integrare se aleg în așa fel încît ecuația integrată să dea cantitatea de cenușă depusă de la coș pînă la distanța x. Dacă ecuația integrată se amplifică cu raportul $\frac{Q}{u}$ și se reprezintă grafic, se obține o curbă însumată — în genul celor prezentate în figurile 8 și 9 — ce reprezintă procentul de praf de o anumită viteză constantă de cădere care se depune pînă la distanța x de la coș.

Din analiza lor se poate afirma că:

— Cenușa se depune cu atît mai aproape de punctul Stokes cu cît este mai mare „n”,

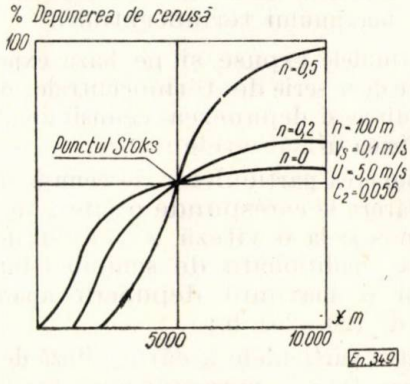


Fig. 9.

adică vremea este stabilă. Pe vreme labilă (n este mic) cenușa se depune la distanțe mai mari de punctul Stokes.

— Depunerea cenușii zburătoare este cu atît mai concentrată în punctul Stokes cu cît viteza de cădere este mai mare.

Depunerea de cenușă cu o viteză constantă de cădere pe unitatea de suprafață și în unitatea de timp este dată de relația:

$$S = \frac{Q}{2\pi} \cdot \frac{n\frac{V_s}{u} + (2-n)\frac{h}{x}}{C_y \cdot C_z \cdot x^{2-n}} \cdot e^{-\frac{y^2}{C_y^2 \cdot x^{2-n}} - \frac{\left(\frac{V_s}{u}x - h\right)^2}{C_z^2 \cdot x^{2-n}}} \qquad (26)$$

dacă vîntul în această unitate de timp suflă exact în aceeași direcție și Q este debitul de praf cu viteza de cădere V_s evacuat în această unitate de timp.

Pentru calculul depunerii de cenușă s-a introdus raportul S/Q ca parametru, care arată a cîta parte dintr-un debit de praf evacuat se depune cu viteză constantă de cădere pe m² la o anumită distanță de coș. În funcție de acest parametru sînt reprezentate în literatura de specialitate diagrame ce dau relații între S/Q, distanța de la coș, înălțimea coșului de fum și condițiile meteorologice. În general însă, vîntul nu suflă constant, ci oscilează în jurul anumitei direcții. În acest caz interesează valoarea depunerii medii de cenușă în sectorul de oscilație a vîntului. Dacă se presupune că vîntul oscilează într-un sector b, în care b este măsura arcului unghiului sectorului în radiani, atunci ecuația (26) devine:

$$\frac{S_m}{Q} = \frac{1}{2\sqrt{\pi} \cdot b} \cdot \frac{n \cdot \frac{V_s}{u} + (2-n)\frac{h}{x}}{C_z \cdot x^{2-n/2}} \cdot e^{-\frac{\left(\frac{V_s}{u}x - h\right)^2}{C_z^2 \cdot x^{2-n}}} \qquad (27)$$

în care:

$\frac{S_m}{Q}$ este concentrația depunerilor medii de cenușă în $\frac{1}{m^2}$;

b — arcul sectorului circular, exprimat în radiani, în care oscilează direcția vîntului. În mod normal $b = 0{,}393$ și corespunde unui unghi de 22,5°;

C_z — coeficient de difuzie, se ia egal cu 0,07 pentru coșuri mai înalte de 100 m;

V_s — viteza de cădere a cenușii zburătoare, m/s;

h — înălțimea efectivă a coșului de fum, m;

u — viteza vîntului la înălțimea la care are loc difuzia cenușii, m/s;

n — coeficient meteorologic;

x — distanța de la coș, m.

Cu ajutorul acestei expresii s-au calculat curbele reprezentate în figurile 10 și 11, ce dau relații între depunerea medie de cenușă pe m² $\left(\frac{S_m}{Q}\right)$ și distanța de la coș în diferite condiții meteorologice și la diferite viteze de cădere a cenușii, pentru o centrală electrică cu un mare

consum de cărbune inferior, prevăzută a se construi în Republica Populară Romînă între anii 1960 și 1965.

Din analiza ecuațiilor (25), (26) și (27) s-a observat că un rol determinant în stabilirea depunerilor de cenușă îl are viteza de cădere V_s.

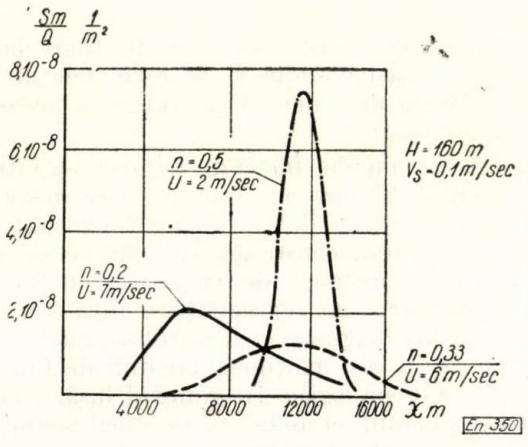


Fig. 10.

Aceasta acționează împotriva împrăștierii cenușii, deși nu cuprinde în aceeași măsură toate particulele importante, deoarece cenușa zburătoare prezintă mari oscilații în calitățile sale fizice. Așa de exemplu : cenușa zburătoare rezultată de la arderea cărbunelui la instalațiile de cazane și evacuată pe coș poate prezenta particule a căror granulație să varieze de la 0,1 la 200 μ, iar în cazuri foarte rare chiar și mai mult. În afară de mărimea granulației, viteza de cădere a particulei de cenușă este determinată și de greutatea ei specifică, de viscozitatea dinamică și de greutatea specifică a gazului în care

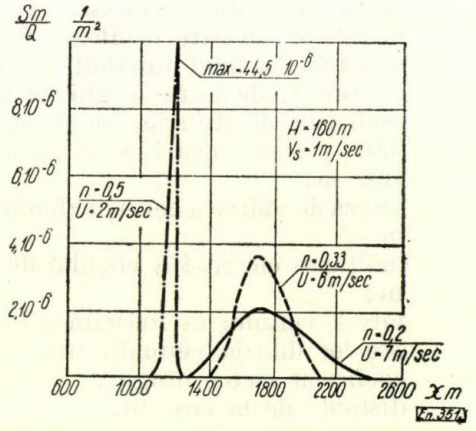


Fig. 11.

circulă. Vitezele de cădere pentru particulele sferice în aer liniștit, la o greutate specifică a particulelor de $\gamma = 2$ g/cm³, calculate de unii cercetători, sînt date în tabela 2.

Tabela 2

Viteza de cădere a particulelor în aer liniștit

d μ	V_s cm/s	d μ	V_s cm/s
5	0,15	80	30,0
10	0,58	100	43,0
20	2,4	160	87,0
40	9,0	200	118,0
60	19,0		

Particulele sub 2μ — numite aerosoli — au viteze de cădere foarte mici și difuzia lor în atmosferă este similară cu a gazelor. La concentrații mai mari, aerosolii au tendințe puternice de a se depune — prin mărirea particulei — ca urmare a coagulării, fenomen ce poate avea loc în prezența unei umidități ridicate a atmosferei (vreme de ceață sau ploaie).

Depunerile de cenușă în t/km² an, așa cum sînt date în normele sanitare, se determină cu ajutorul expresiei :

$$C = \frac{\frac{S_m}{Q} \cdot A \cdot \alpha \cdot N}{100 \cdot 10^{-6}} \qquad (28)$$

în care :

C reprezintă depunerea de cenușă, t/km²an ;

A — cantitatea orară de cenușă evacuată pe coș la sarcina maximă a centralei, t/h ;

α — timpul — exprimat în procente din intervalul de un an luat ca 100%, în care vîntul suflă în aceeași direcție (se determină din roza vînturilor după durată) ;

N — numărul anual al orelor de utilizare a maximului termocentralei.

Din formulele expuse și pe baza experienței acumulate de o serie de termocentrale, referitor la răspîndirea și depunerea cenușii zburătoare, se pot afirma următoarele :

— depunerea particulelor de cenușă sub 30—60 μ, cărora le corespunde o viteză de cădere sub 0,1 m/s și la o viteză a vîntului de peste 2m/s, este condiționată de schimbul turbulent al aerului și maximul depunerii apare la o distanță de (20—25). h ;

— pentru particulele a căror viteză de cădere este de cca. 1m/s — corespunzător unor granulații de 180—200 μ — maximul depunerii de cenușă este la punctul Stokes ;

— pentru condiții atmosferice stabile și viteze foarte mici ale vîntului, influența vitezelor de cădere mici este sensibilă, așa încît la asemenea condiții ale aerului depunerea maximă de praf are loc în apropierea coșului.

4. Elemente care influențează împrăștierea în atmosferă a nocivităților conținute în gazele evacuate

4.1. *Înălțimea coșului de fum* este unul din elementele ce influențează direct asupra răspîndirii gazelor și cenușii zburătoare în atmosferă. Studiile de specialitate au demonstrat că concentrația maximă a impurităților evacuate pe coșurile întreprinderilor industriale — la nivelul corespunzător înălțimii de aspirație a trecătorilor — este invers proporțională cu pătratul înălțimii efective a coșului de fum. Prin înălțimea efectivă — h — a coșului de fum se înțelege înălțimea totală a axei coloanei de fum — deasupra solului —, pînă la punctul unde coloana începe să se deplaseze paralel cu suprafața pămîntului. Înălțimea efectivă constă din înălțimea fizică a coșului de fum și înălțimea adițională a coloanei de fum, de la vîrful coșului în sus, rezultată din cauza energiei cinetice conținută în gazele arse și a diferenței de densitate dintre gazele arse și aerul înconjurător.

Înălțimea adițională a coloanei de fum se calculează după diferite criterii. Cercetări mai vechi arătau că ea se datorește în cea mai mare măsură energiei cinetice conținute în gazele arse și se calculează după expresia:

$$\Delta h = \frac{4{,}23 \cdot d \cdot \frac{V}{u}}{1 + 0{,}43 \frac{u}{V}} \qquad (29)$$

în care:

Δh este înălțimea adițională a coloanei de fum, m;
d — diametrul interior al coșului la vîrf, m;
V — viteza de ieșire a gazelor pe coș, m/s;
u — viteza vîntului, m/s.

Există de asemenea numeroase formule ce determină înălțimea adițională a coloanei de fum în funcție de forma secțiunii coșului.

Cercetări mai recente au arătat că influența temperaturii gazelor asupra înălțării coloanei de fum în atmosferă nu poate fi neglijată și s-au indicat noi formule, în care se ține seamă atît de energia cinetică a gazelor, cît și de influența temperaturii, așa cum se vede în formula:

$$\Delta h = A \cdot W \cdot \left[f_1(x_1) + f_2(x_0) - \frac{0{,}615 \cdot x_0^{1/2}}{\left(\frac{V^2}{u^2} + 0{,}57\right)^{1/2}} \right] \qquad (30)$$

unde:

$$A = 9{,}42 \frac{g \cdot Q \cdot \theta}{T \cdot u^4}$$

în care:

u este viteza vîntului, m/s;
V — viteza gazelor la ieșirea pe coș, m/s;
Q — cantitatea de gaze evacuată pe coș, m³/s;
θ — temperatura gazelor arse la ieșirea pe coș, °C;
T — temperatura absolută a mediului înconjurător, °K;
g — accelerația gravitației, m/s².

$$x_0 = \frac{t_0}{A} \qquad t_0 = \frac{4}{3} \cdot \frac{u \cdot T}{g \cdot \theta}$$

$$x_1 = \frac{t + t_0}{A}$$

în care:

$t + t_0 = 200$ s și reprezintă timpul de difuzie a gazelor în atmosferă.

Funcțiile: $f_1(x_1)$ și $f_2(x_0)$ se determină din tabele speciale sau pot fi calculate cu ajutorul expresiilor:

$f_1(x_1) = \ln x_1 - 0{,}12$ ..... pt. x_1 foarte mare;

$f_1(x_1) = 1{,}054 . x_1^{3/2}$ ..... pt. x_1 foarte mic;

$f_2(x_0) = 1{,}311 . x_0^{1/2} - 0{,}5 \ln x_0 - 1$ .... pt. x_0 foarte mare;

$f_2(x_0) = -0{,}527 . x_0^{3/2}$ ..... pt. x_0 foarte mic.

Deși creșterea înălțimii fizice a coșului de fum avantajează răspîndirea nocivităților emise în atmosferă, totuși acest fapt impune o construcție mai grea pentru coș și creșterea cheltuielilor pentru investiții.

În rîndul specialiștilor este însă unanimă părerea că prin creșterea înălțimii coșului de fum se micșorează nocivitatea datorită gazelor arse numai pentru împrejurimile locului de emisie a nocivităților. De la o anumită îndepărtare de coș, egală cu aproximativ $50 \times h$, concentrația la sol devine practic independentă de înălțimea coșului.

4.2. *Viteza de ieșire* pe coș a gazelor arse, după cum reiese din formulele (29), (30), determină în mare măsură valoarea înălțimii efective a coșului și, deci, calitatea răspîndirii gazelor și cenușii zburătoare în atmosferă. Mărirea vitezei de ieșire a gazelor pe coș atrage după sine un consum mărit de energie electrică pentru ventilatoarele de gaze arse și mărește eroziunea coșului. Pentru micșorarea acțiunii de distrugere prin eroziune, coșurile cu viteze mari de ieșire a gazelor se căptușesc cu materiale speciale, rezistente la eroziune. În ultimul timp, viteze de ieșire a gazelor pe coș peste 20 m/s au început să fie tot mai des întîlnite, valoarea maximă realizată pînă acum la termocentrale fiind de 36 m/s.

4.3. *Temperatura gazelor arse* cu cît este mai ridicată cu atît favorizează în mai mare măsură răspîndirea nocivităților emise de coșurile centralelor electrice. Mărirea temperaturii gazelor arse însă influențează negativ asupra pierderilor de căldură evacuată pe coș și, deși micșorează

acțiunea corosivă a gazelor, din punct de vedere tehnico-economic pare inacceptabilă. Această problemă se rezolvă de altfel în ansamblu, un rol hotărîtor jucîndu-l și temperatura apariției punctului de rouă pentru gazele arse de compoziție dată.

4.4. Trebuie să se țină seama de asemenea și de *cantitatea de gaze arse evacuată pe un singur coș*, deoarece, în funcție de ea, la construcția dată a coșului variază viteza de ieșire a gazelor arse, precum și înălțimea efectivă a coșului de fum.

4.5. De mare importanță asupra înălțimii coloanei de fum și deci asupra răspîndirii nocivităților evacuate este și *raportul dintre viteza vîntului și viteza de ieșire a gazelor pe coș*. În orice caz, ultima trebuie să fie mai mare decît viteza vîntului, spre a permite ridicarea coloanei de fum mult peste coșul centralei, așa cum au demonstrat și încercările făcute pe modele.

III. CONCLUZII

Problema combaterii vicierii atmosferei prin gazele arse evacuate pe coșuri trebuie să fie în centrul preocupărilor proiectanților unităților industriale.

Nerezolvarea acestei probleme are influențe nefaste asupra vecinătăților sursei de viciere. Pe plan mondial se cunosc cazuri de viciere cu urmări grele asupra populației, cel mai impresionant fiind catastrofa din Londra, din decembrie 1952.

Datorită acestei catastrofe unii locuitori ai orașului Londra au sucombat, ca urmare a acțiunii puternice nocive a diverselor gaze evacuate în atmosfera orașului.

Această catastrofă s-a produs în urma apariției unui nor staționar de ceață de mari proporții și a unei inversii — care nu numai că au împiedicat dispersia gazelor în atmosferă ci au provocat dirijarea gazelor spre sol, ceea ce a avut ca urmare mărirea concentrației acestora în aer.

Această situație catastrofală a durat cca. 10 zile, avînd o intensitate maximă ca număr de cazuri mortale (cca. 800 decese/zi) în zilele de 7—9 decembrie.

În această perioadă a crescut mult concentrația de SO_2 ($\sim$ 2 mg/m^3), precum și concentrația altor gaze, CO, H_2S.

Cu această ocazie s-a stabilit de către medici că la asemenea vicieri complexe ale aerului înconjurător acțiunea nocivă a amestecului gazos este mult mai puternică decît suma acțiunilor nocive ale gazelor considerate separat.

În această situație SO_2, deși nu a atins concentrația periculoasă, a fost totuși un indicator al creșterii periculoase a vicierii aerului.

În cadrul proiectării unităților industriale, care, datorită procesului lor tehnologic, evacuează gaze nocive în atmosferă, este necesar să se trateze problema vicierii cu toată rigurozitatea, avîndu-se în vedere :

— cunoașterea temeinică a situației climatologice a regiunii ;

— regimul inversiilor de temperatură ;

— concentrația gazelor în atmosfera regiunii respective, ca urmare a obiectivelor deja construite ;

— cantitatea elementelor nocive evacuate pe coș de industria care urmează a se construi.

Măsurile tehnice de care trebuie să se țină seama la proiectarea unităților industriale care evacuează pe coș mari cantități de elemente nocive trebuie să vizeze :

— amplasarea unităților în afara centrelor populate ;

— instalații perfecționate pentru reținerea elementelor nocive chiar în cadrul unității respective ;

— coșuri foarte înalte și cît mai puține pentru a asigura dispersia elementelor nocive într-un volum foarte mare de aer și prin aceasta micșorarea concentrației ;

—mărirea vitezei gazelor la evacuarea lor pe coșul centralei ; prin aceasta se asigură ridicarea jetului de gaze la mari înălțimi. Se cunosc cazuri la obiective deja construite, în care — pentru a se mări viteza gazelor la ieșirea din coș — s-a micșorat secțiunea de ieșire prin montarea ulterioară a unui ajutaj ;

— asigurarea în limita posibilităților economice a unei temperaturi a gazelor evacuate care să facă posibilă — prin forța ascensională ce se creează — ridicarea gazelor la mare înălțime.

Măsurile indicate mai sus, cum, eventual, și altele, care ar putea acționa în același sens, trebuie astfel aplicate ca în orice caz unitățile industriale care se construiesc să nu influențeze nefavorabil vecinătățile.

Bibliografie

[1] Andreev P. I. : *Rasseiamie v vozduhe gazov vîbrasîvaemîe promîjlenîmi predpriatiami* Gosstroizdat, 1952 Moskva.

[2] Zaloghin N. G. : *O zaşeite atmosfernovo — vozduha ot zagreaznenia dîmovîmi gazami electrostanţie bolşie moşcinoste* Teploenerghetica Nr. 4, 1960.

[3] Schröder Karl: *Die grose Dampfkraftwerke*, vol. I.

[4] Krieb-Essen K. H. : *Consideraţii teoretice asupra problemei răspîndirii prafului din gazele arse.* Mitteilungen der VGB, Heft 37, august 1955.

[5] * * * — *Ausbreitung von gasformigen und festen Rauchgasbestandeilen in der Atmosphäre*, Mitteilungen der VGB Heft 34/35, aprilie 1955.

[6] Bosanquet : *The rise ofahot waste gas plume.*

[7] * * * : *Merkblätter über staunauswurf grosserer Dampferzeuger und Katalog der Quellen für die Luftverunreinigung.* BWK—1958, Nr. 3.

[8] Richter E. : *Rauchbelastigung durch Fabrik und Kraft werk Schornosteine. Abhilfemassnahmen auf brund von modellversuchen im Windkanal und von Stromungs unter suchungen mittels Ballon rauch sonde.* Energie, 1957.

Măsuri împotriva eroziunilor provocate de praful de cărbune şi cenuşa din gazele arse

Ing. *ROMUL MUNTEANU*

La centralele termoelectrice care utilizează pentru combustiune în focarele cazanelor cărbune, sub formă pulverizată, o problemă deosebit de importantă este, în exploatare, lupta împotriva eroziunilor provocate de sterilul din combustibil şi de cenuşa conţinută în gazele arse.

Centrala termoelectrică Paroşeni, care este dotată cu cazane : PK — 10 ; $P = 100$; $T = 510°C$ şi $Q = 230$ t/h, pentru alimentarea lor utilizează drept combustibil mixte de huilă din bazinul carbonifer Valea Jiului cu un procent de steril de 40—50% şi umiditate de 10—11%.

Din practica celor cinci ani de exploatare a C.T.E. — Paroşeni a reieşit că utilizarea acestor sorturi de combustibil sub formă pulverizată a produs uzuri foarte rapide ale elementelor circuitului de alimentare cu combustibil a cazanului (coturile de intrare în mori, ventilatoarele de mori, coturile conductelor etc.) şi a elementelor agregatului de cazane situate pe traseul gazelor arse (supraîncălzitor, economizor, preîncălzitor de aer, ventilatoare de gaze arse etc.).

Durata de funcţionare a acestor instalaţii, pînă la producerea de eroziuni ce impun scoaterea lor din exploatare, este influenţată de gradul de duritate şi procentul de steril din combustibil, duritatea (calitatea) materialelor din care sînt confecţionate elementele de transport sau cele aflate în traseul de circulaţie al combustibilului preparat sau al gazelor arse etc.

La C.T.E. — Paroşeni această problemă a constituit o preocupare importantă a colectivului de muncitori şi tehnicieni ai centralei, obţinîndu-se o serie de succese din care enumerăm pe cele mai principale.

I. Circuitul de preparare şi transport al combustibilului

1. *Coturile de intrare în mori* erau confecţionate din tablă OL-38, $\delta = 12$ mm, ceea ce conducea la o erodare foarte rapidă, în circa un an. Pentru prelungirea duratei de funcţionare, aceste coturi au fost blindate prin sudare de platbande $\delta = 20$ mm (fig. 1), oţel OL-50. În acest fel durata de funcţionare se prelungeşte la circa 2—3 ani.

2. *Ventilatoarele de mori* constituiau unul din punctele slabe ale instalaţiilor, deoarece se produceau eroziuni foarte rapide ale elementelor componente.

a) Un rotor de ventilator-moară se uza prin erodare în circa 3 luni de zile, paletele erodîndu-se pe o suprafaţă de 40%. Rotoarele paletelor se recondiţionau prin repaletare. După circa 6—8 repaletări, ventilele rotoarelor se deformau puternic, rotoarele nemaiputîndu-se recondiţiona.

Se experimentează protejarea paletelor prin blindare cu tablă de oţel dur, silicios,

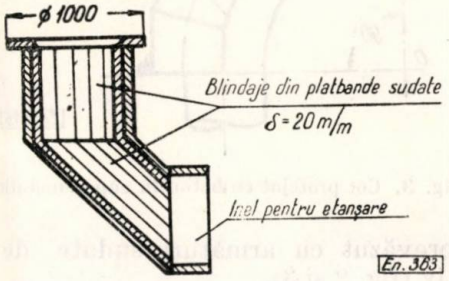


Fig. 1. Cot de intrare în moară blindat în interior.

$\delta = 1{,}5 \div 2$ mm, blindaje ce se vor înlocui periodic la circa 1 lună, după experienţa unei centrale din R.P.U.

b) Carcasele ventilatoarelor-mori iniţial erau blindate cu tole de oţel OL-38, $\delta = 20$ mm, fixate cu nituri, avînd o durată de funcţionare de circa 1 an. Pentru mărirea duratei de funcţionare s-a blindat carcasa, prin prindere cu şuruburi, cu platbanda de oţel manganos $\delta = 38$ mm.

După un control efectuat după circa 3 luni de funcţionare, uzura blindajelor este foarte mică, apreciindu-se o durată de funcţionare de circa 5 ani.

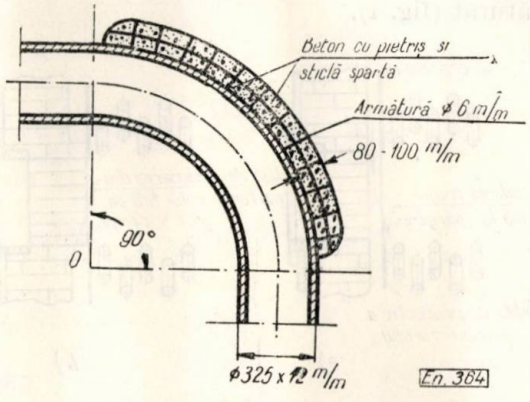


Fig. 2. Secţiune printr-un cot protejat în exterior cu beton.

3. *Coturile conductelor pentru transportul prafului* formate din segmenţi sudaţi = 325 × × 10 mm se erodau pînă la perforare în circa

2 luni. În aceste conducte se transportă circa 6 t/h la o viteză de 25 m/s.

Pentru prelungirea duratei de utilizare, acestea s-au betonat în exterior în cofraje metalice fixe sau în cofraje demontabile, betonul

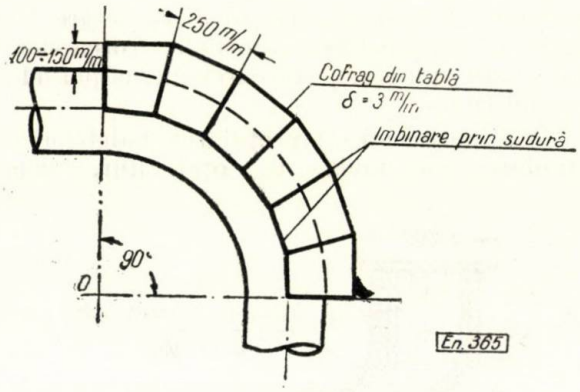


Fig. 3. Cot protejat cu beton în capac metalic.

fiind prevăzut cu armături sudate de cotul respectiv (fig. 2 și 3).

II. Circuitul de gaze arse

1. La pachetele de economizor și preîncălzitor, în dreptul ușilor de vizitare, între tabla care închide fiecare pachet de țevi și zidărie rămîne un spațiu liber; curentul de gaze arse, circulînd parțial prin acest spațiu, în dreptul gurilor de vizitare, este abătut de pătrunderile de aer fals rece, cît și de mărirea spațiului dintre pachete, și lovește în țevile din marginea pachetului următor, producîndu-se eroziuni foarte rapide. Datorită acestor eroziuni la C.T.E.—Paroșeni au fost circa 3 opriri de cazane.

S-au etanșat spațiile moarte la intrare și ieșire pe lîngă pachet cu cărămidă în dreptul ușilor de vizitare, acest fenomen fiind astfel înlăturat (fig. 4).

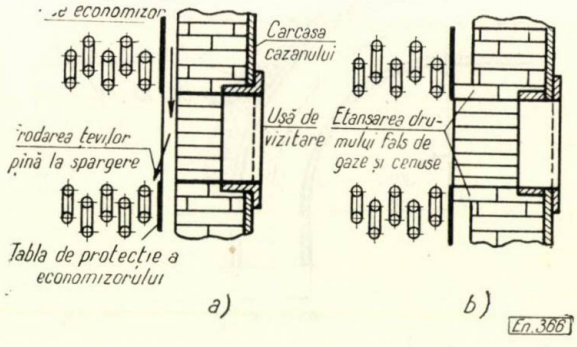


Fig. 4. Etanșarea în zona ușilor de vizitare a cazanului.

2. Preîncălzitoarele cazanelor de abur sînt compuse din două trepte, fiecare fiind formată din cîteva pachete de țevi de oțel: treapta I, l=5 600 mm și ∅=40×1,5 mm, și treapta a II-a, l=5 600 mm ∅=51×1,5 mm, ale căror capete sînt sudate în cîte o placă tubulară ∅=30 mm.

În trei ani de funcționare, cenușa din gazele arse a erodat sudurile de fixare în placa tubulară

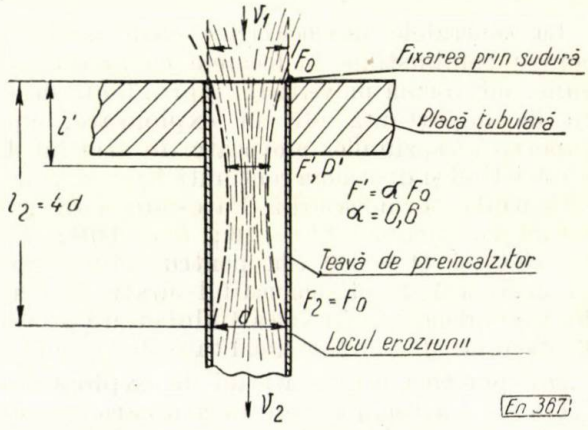


Fig. 5. Laminarea curentului de gaze în țeava de preîncălzitor.

cît și peretele țevilor la circa 4 diametre de țeavă din cauza curentului de gaze.

Aceasta se datorează strangulării curentului la intrarea în conducte (curgerea prin orificii).

În momentul cînd curentul tinde să umple spațiul țevii, datorită cenușii se produce o eroziune accentuată a peretelui țevii pînă la perforare. Aceasta conducea la micșorarea debitului de aer disponibil pentru ardere și încărcarea suplimentară a ventilatoarelor de gaze arse.

Pentru evitarea erodării țevilor de preîncălzitor s-au prelungit țevile încastrate în placa tubulară cu știuțuri de același diametru cu țevile preîncălzitorului, lungi de 200 mm

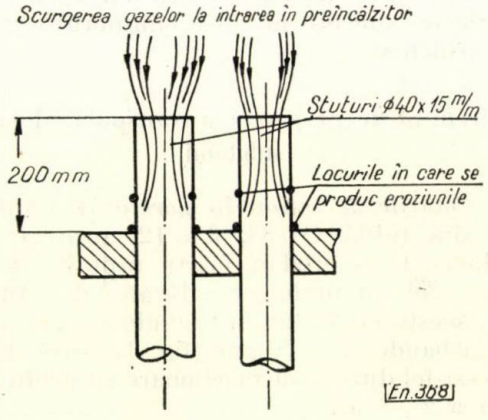


Fig. 6. Secțiune prin placa tubulară după modificare.

treapta I și 300 mm treapta a II-a, sudate prin puncte (fig. 5, 6 și 7).

Pentru centrarea corectă s-au utilizat dornuri de ghidare. În felul acesta uzura se produce la

ștuțurile montate, care se schimbă periodic. Protejarea sudurii de fixare a ștuțurilor și a plăcii tubulare între ștuțuri se realizează prin un strat de cenușă pus pînă la nivelul superior al ștuțurilor.

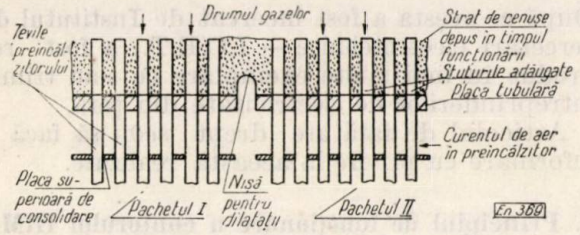


Fig. 7. Secțiune prin preîncălzitor după aplicarea măsurilor de protecție.

La ventilatoarele de gaze arse elementele componente au suferit uzuri datorită eroziunilor astfel.

— buzunarele de aspirație — care au o grosime $\delta = 5$ mm se uzau în circa 6 luni;

— camerele spirale blindate inițial cu tablă OL—38, $\delta = 30$ mm se uzau în 12—18 luni;

— paletele ventilatoarelor se uzau pînă la perforare în 8—12 luni.

Pentru înlăturarea uzurii și a prelungirii duratei de funcționare s-au luat următoarele măsuri:

— Buzunarelor de aspirație li s-au montat blindaje (plăci) din beton armat, care se fixează cu șuruburi de carcasă. Recondiționarea acestor blindaje se face o dată la circa 6 luni prin încărcare cu mortar de ciment la fața locului. Înlocuirea plăcilor se face la circa 24—32 de luni, costul lor fiind foarte redus.

— Camerelor spirale ale ventilatoarelor de gaze li s-au montat blindaje plăci de oțel cu conținut de mangan, $\delta = 50$ mm. Se apreciază ca

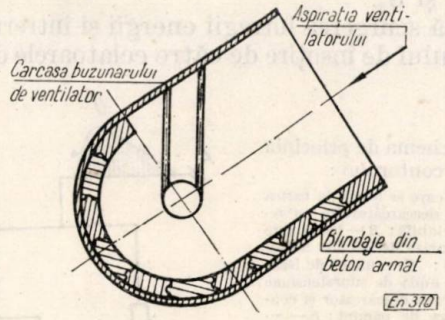


Fig. 8. Secțiune printr-un buzunar de ventilator blindat cu plăci de beton armat.

durata de funcționare a acestor instalații să fie de circa 5 ani, după controlul executat la un an de funcționare. Prinderea blindajelor de camera spirală se face prin șuruburi cu cap conic.

— Rotoarele ventilatoarelor se recondiționează prin următoarele metode:

— paletele care sînt uzate, dar nu s-au perforat se încarcă prin straturi de sudură, folosindu-se ca electrozi taroane din cabluri de oțel de funicular;

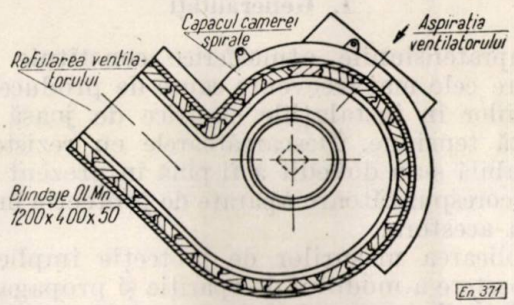


Fig. 9. Secțiune prin camera spirală blindată a ventilatorului de gaze.

— la paletele care sînt perforate parțial (jumătatea dinspre vîrf) se decupează porțiunea legată după un șablon și se completează cu porțiuni noi de palete din tablă $\delta = 10—12$ mm;

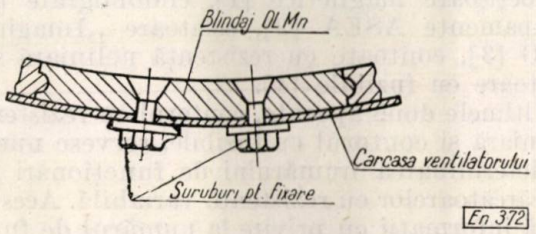


Fig. 10. Detalii de fixare a blindajelor.

— cînd paletele au uzuri foarte mari, ele se înlocuiesc complet prin repaletarea rotorului.

La celelalte elemente de cazan sau instalații auxiliare, cum sînt: conductele și șuberele din sistemele de preparare a prafului de cărbune,

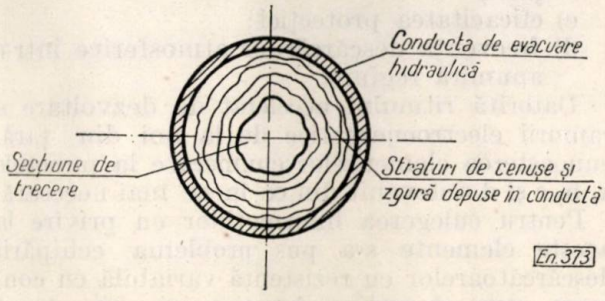


Fig. 11. Conducta de evacuare hidraulică, înfundată parțial.

canalele de gaze arse, ajutajele arzătoarelor, elementele de multicicloane etc., se produc de asemenea uzuri accentuate, fiind necesare lucrări de înlocuire sau încărcare cu sudură periodice.

Contor pentru înregistrarea numărului de funcţionări ale descărcătoarelor cu rezistenţă variabilă

Ing. *I. MIHAI*, ing. *M. CIGUSIEVICI* şi ing. *S. DONICI*

1. Generalităţi

Supratensiunile atmosferice constituie una dintre cele mai frecvente cauze de producere a avariilor în instalaţiile electrice de joasă sau înaltă tensiune. Descărcătoarele cu rezistenţă variabilă s-au dovedit a fi pînă în prezent cele mai corespunzătoare aparate de protecţie împotriva acestora.

Aplicarea măsurilor de protecţie implică o cunoaştere a modului de apariţie şi propagare a descărcărilor atmosferice, precum şi o cunoaştere a frecvenţei, intensităţii, polarităţii etc. a acestor descărcări.

În decursul anilor s-au creat diverse aparate cu care se înregistrează descărcările ce se produc în stîlpii metalici ai staţiilor, în paratrăsnete sau în alte aparate de protecţie.

Dintre acestea e suficient să se amintească de beţişoare magnetice [1], clidonografe [1], echipamente ASEA [2], eclatoare „Imagine" AEG [3], contoare cu rezistenţă neliniară sau contoare cu fuzibile [4].

Ultimele două aparate, contorul cu rezistenţă neliniară şi contorul cu fuzibile, servesc numai la determinarea numărului de funcţionări ale descărcătoarelor cu rezistenţă variabilă. Acestea oferă informaţii cu privire la numărul de funcţionări, şi, datorită simplităţii de construcţie şi exploatare, au căpătat o largă răspîndire.

Cunoaşterea numărului de funcţionări ale descărcătoarelor poate oferi o imagine asupra următoarelor elemente :

a) gradul de solicitare a descărcătorului ;
b) gradul de solicitare a izolaţiilor protejate ;
c) eficacitatea protecţiei ;
d) frecvenţa descărcărilor atmosferice într-o anumită regiune.

Datorită ritmului accelerat de dezvoltare a ramurii electroenergetice de la noi din ţară, cunoaşterea elementelor enumerate la punctele a, b, c şi d a devenit din ce în ce mai necesară.

Pentru culegerea informaţiilor cu privire la aceste elemente s-a pus problema echipării descărcătoarelor cu rezistenţă variabilă cu contoare care să indice funcţionarea lor. Acest lucru a devenit cu atît mai oportun cu cît industria noastră electrotehnică a început fabricarea de descărcătoare cu rezistenţă variabilă, contoarele permiţînd urmărirea comportării acestora în exploatare.

Această sarcină a revenit Întreprinderii pentru raţionalizarea şi modernizarea instalaţiilor energetice — I.R.M.E. —, care a proiectat şi construit un contor de tipul celor cu fuzibile. După ce acesta a fost încercat de Institutul de cercetări electrotehnice — I.C.E.T., a fost reprodus în mai multe exemplare ce s-au trimis întreprinderilor de electricitate din ţară.

Articolul de faţă are drept scop să facă o informare cu privire la această realizare.

2. Principiul de funcţionare a contorului IRME

Schema de principiu a contorului este redată în figura 1.

În stare normală, cînd descărcătorul este racordat la reţea, rezistenţa R menţine legătura cu pămîntul, permiţînd scurgerea curentului de fugă şi de conductibilitate, şi deci repartiţia uniformă a tensiunii reţelei pe elementele de eclatoare ale descărcătorului. La apariţia unei supratensiuni, amorsarea eclatoarelor descărcătorului declanşează scurgerea unui curent de impuls, care provoacă o cădere de tensiune la bornele rezistenţei R, capabilă să producă amorsarea eclatorului S_1. Din acest moment curentul preferă calea de rezistenţă mai mică prin eclatorul S_1 şi fuzibilul F. Datorită creşterii rapide a curentului, fuzibilul F se volatilizează, întrerupînd scurgerea mai departe pe această cale a energiei undei de supratensiune ; potenţialul punctului C capătă o valoare ridicată, solicitînd izolaţia internă a contorului. Protecţia acesteia este asigurată însă de un al doilea eclator S_2, care amorsează imediat ce potenţialul punctului C depăşeşte valoarea pentru care eclatorul S_2 a fost reglat. Curentului de impuls i se deschide astfel o cale de rezistenţă minimă prin eclatoarele S_1 şi S_2.

După scurgerea întregii energii şi întreruperea curentului de însoţire de către eclatoarele descărcătorului, în circuit este introdus un nou fuzibil, iar contorul este pregătit pentru o nouă funcţionare.

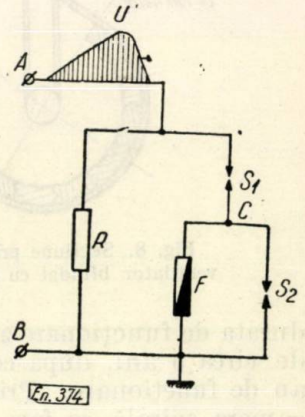


Fig. 1. Schema de principiu a contorului :

A — borna care se leagă la partea inferioară a descărcătorului cu rezistenţă variabilă ; *B* — borna care se leagă la priza de pămînt a descărcătorului ; *C* — punct de legătură ; *U* — unda de supratensiune care trece prin descărcător şi contor spre priza de pămînt ; *R* — rezistenţa de circa 350 Ω, 10 W ; *F* — fuzibil realizat cu sîrmă de Ag ∅ 0,1 mm ; S_1 — interval de descărcare în aer avînd tensiunea de amorsare de 1,6—1,7 kV ef ; S_2 — interval de descărcare în aer avînd tensiunea de amorsare de 2,4—2,6 kV ef.

Schimbarea fuzibilelor se face datorită căderii libere a unui sector. Un indicator cu numere solidar cu sectorul indică numărul de funcționări.

3. Construcția și funcționarea elementelor principale

Contorul este montat într-o cutie metalică (fig. 2), de formă paralelipipedică, închisă ermetic cu un capac (fig. 3), care este prevăzut cu o fereastră acoperită cu sticlă. Prin fereastra

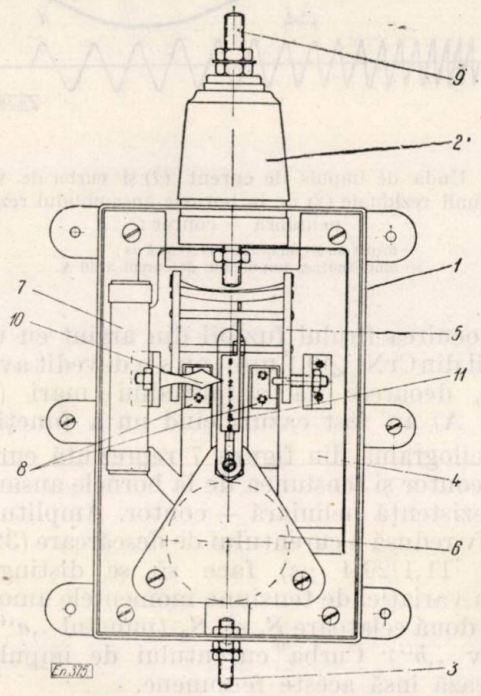


Fig. 2. Vederea de ansamblu a contorului:
1 — cutia contorului; *2* — izolator de trecere; *3* — borna care se leagă la priza de pămînt; *4* — placă izolantă; *5* — sectorul cu fuzibile; *6* — intervalele de descărcare; *7* — rezistență 350 Ω, 10 W; *8* — contacte suport; *9* — borna care se leagă la descărcător; *10* — indicator de poziție; *11* — cadran montat rigid pe sectorul cu fuzibile.

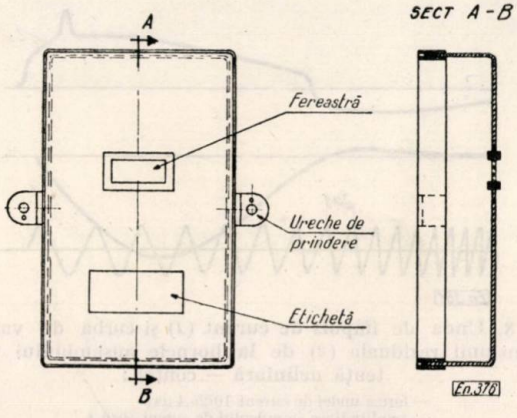


Fig. 3. Capacul contorului.

respectivă se poate citi indicația de pe cadran, care reprezintă numărul de funcționări ale contorului, respectiv ale descărcătorului cu rezistență variabilă.

La partea superioară a cutiei contorului este montat un izolator de trecere, format din două părți (exterioară și interioară), fixate între ele

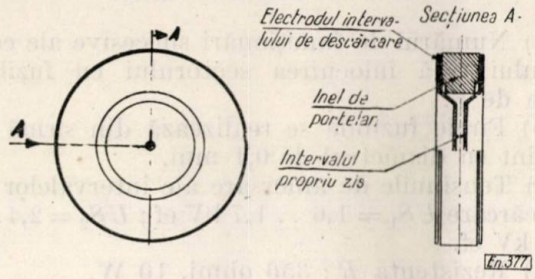


Fig. 4. Interval de descărcare.

printr-un bulon care reprezintă chiar borna de legătură la descărcător.

Intervalele de descărcare sînt suprapuse (fig. 2, poz. *6*), intervalul de descărcare S_1 fiind montat deasupra intervalului S_2. Cele două intervale de descărcare sînt fixate între două plăci izolate (fig. 2 poz. *4*). Construcția lor este reprezentată în figura 4.

Un element principal în construcția contorului îl constituie sectorul cu fuzibile din figura 5. Acesta este realizat din două plăci laterale în formă de sectoare rigidizate între ele. Pe marginea circulară a sectorului se fixează prin cositorire capetele firelor fuzibile. Fuzibilele au o anumită săgeată pentru a realiza un contact sigur pe ambele contacte-suport. Sectorul cu fuzibile este suspendat pe o axă în jurul căreia poate oscila liber.

În poziția de funcționare a contorului (verticală), primul fuzibil al sectorului atinge contactele-suport în două puncte, datorită forței de gravitație, care tinde să aducă sectorul cu fuzibile în poziția de echilibru stabil. În acest fel primul fuzibil se găsește în circuit, iar indicatorul se află în dreptul cifrei zero de pe cadranul rotitor. După volatilizarea primului fuzibil, următorul fuzibil este adus prin cădere pe aceleași contacte-suport, iar indicatorul în dreptul cifrei 1 de pe cadranul rotitor.

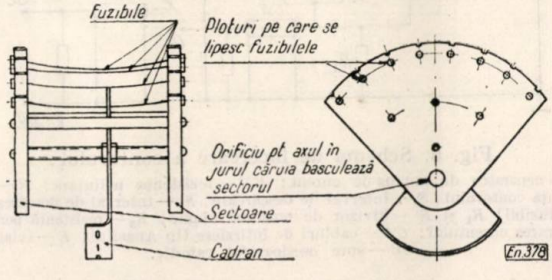


Fig. 5. Sector cu fuzibile.

În timpul funcționării repetate a contorului, toate fuzibilele ocupă pe rînd locul primului

fuzibil. După volatilizarea tuturor fuzibilelor, sectorul se plasează în poziția de echilibru stabil. În total sectorul conține opt fuzibile, deci poate înregistra succesiv opt funcționări.

4. Caracteristici tehnice

a) Numărul de funcționări succesive ale contorului fără înlocuirea sectorului cu fuzibile este de 8.

b) Firele fuzibile se realizează din sîrmă de argint cu diametrul de 0,1 mm.

c) Tensiunile de amorsare ale intervalelor de descărcare $US_1 = 1{,}6 \ldots 1{,}7$ kV ef; $US_2 = 2{,}4 \ldots 2{,}6$ kV ef.

d) Rezistența R : 350 ohmi, 10 W.

e) Dimensiunile de gabarit : 100 × 140 × × 265 mm.

f) Greutate : 2 kg.

5. Probe de laborator și rezultate experimentale

Încercarea contorului s-a făcut la I.C.E.T. folosindu-se schema din fig. 6.

Pentru efectuarea încercărilor s-a folosit un generator (GC) de impuls de curent și un osciograf catodic „Trüb Täuber" cu 4 spoturi. După cum rezultă din fig. 6, în serie cu contorul a fost montată o rezistență neliniară RN caracterizată prin expresia

$$U = 346 \cdot I^{0{,}188}.$$

O rezistență neinductivă R_3 a servit la determinarea curentului ce trece prin contor, iar un divizor de tensiune ohmic (R_1, R_2) la urmărirea variațiilor de tensiune pe ansamblul rezistență neliniară — contor. Căderile de tensiune de la

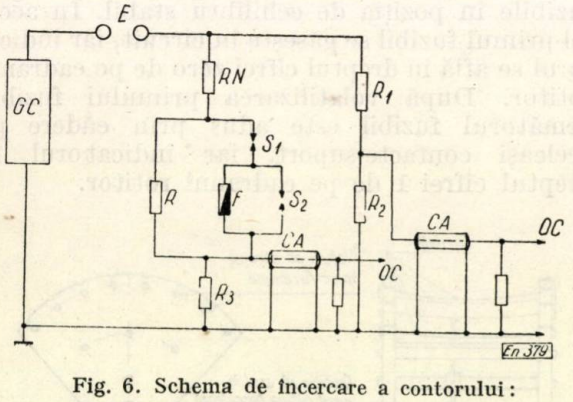


Fig. 6. Schema de încercare a contorului :

GC — generator de impuls de curent ; RN — rezistența neliniară ; R — rezistența contorului ; S_1 — interval de descărcare ; S_2 — interval de descărcare ; F — fuzibil ; R_1 și R_2 — divizor de tensiune ohmic ; R_3 — rezistență pentru măsurarea curentului ; CA — cabluri de întîrziere tip Angelini ; E — eclator ; OC — spre osciograful catodic.

bornele rezistențelor R_3 și R_2 au fost aduse la două plăci ale osciografului catodic prin intermediul a două cabluri de întîrziere de tip Angelini.

Experimentările au constat din trecerea prin contor a unor impulsuri de curent de amplitudine cuprinse între 200 și 10 000 A (undă de aprox. 10/20 μs).

Contorul a lucrat de fiecare dată corect.

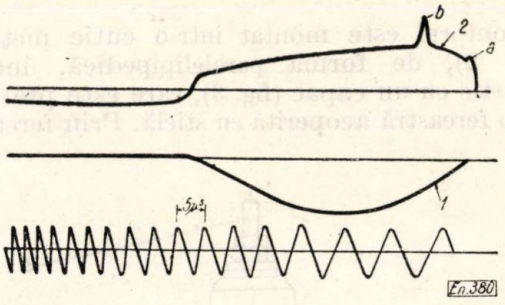


Fig. 7. Unda de impuls de curent (1) și curba de variație a tensiunii reziduale (2) de la bornele ansamblului rezistență neliniară — contor :

— forma undei de curent 11,1/26,4 μs ;
— amplitudinea impulsului de curent 3230 A.

Înlocuirea firului fuzibil din argint cu un fir fuzibil din CrNi ∅0,1 mm, nu s-a dovedit avantajoasă, deoarece la amplitudini mari (peste 8 000 A) au fost cazuri cînd nu a funcționat.

Oscilograma din figura 7 reprezintă curentul prin contor și tensiunea de la bornele ansamblului rezistență neliniară — contor. Amplitudinea relativ redusă a curentului de descărcare (3230 A undă 11,1/26,4 μs) face să se distingă pe curba variației de tensiune momentele amorsării celor două eclatoare S_1 și S_2 (punctul „a", respectiv „b"). Curba curentului de impuls nu sesizează însă aceste fenomene.

În oscilogramele din figurile 8 și 9, datorită amplitudinilor mari ale curenților (5 940 A undă 10/25,4 μs în figura 8 și 8 100 A undă 9,7/24,5 μs în figura 9), momentul amorsării eclatorului S_1

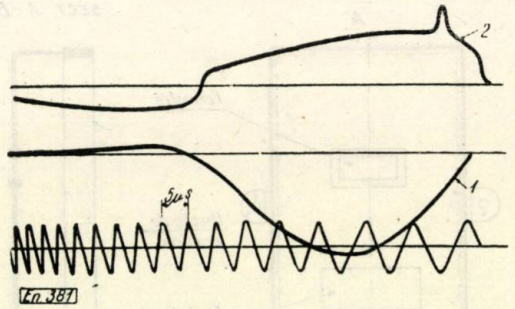


Fig. 8. Unda de impuls de curent (1) și curba de variație a tensiunii reziduale (2) de la bornele ansamblului rezistență neliniară — contor :

— forma undei de curent 10/25,4 μs ;
— amplitudinea impulsului de curent 5940 A

este din ce în ce mai greu de sesizat pe curba variației de tensiune, iar amorsarea eclatorului S_2 se produce din ce în ce mai repede ; curbele

curentului de impuls sesizează cu atît mai puțin amorsările celor două eclatoare.

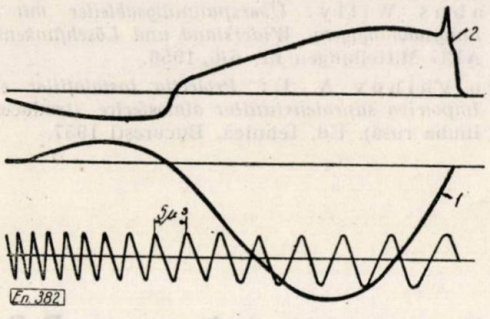


Fig. 9. Unda de impuls de curent (*1*) și curba de variație a tensiunii reziduale (*2*) de la bornele ansamblului rezistență neliniară-contor:
— forma undei de curent 9,7/24,5 μs;
— amplitudinea impulsului de curent 8 100 A.

Altfel s-au prezentat însă lucrurile atunci cînd s-a scăzut amplitudinea curentului la

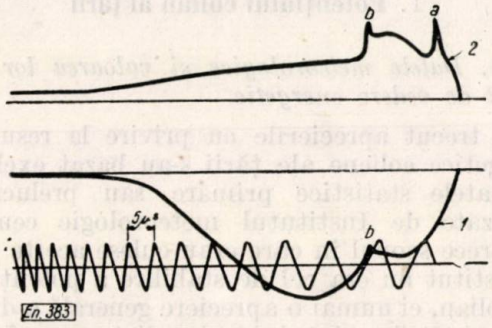


Fig. 10. Unda de impuls de curent (*1*) și curba de variație a tensiunii reziduale (*2*) de la bornele ansamblului rezistență neliniară — contor în condiții de încercare aproape de limita de funcționare:
— valorile de vîrf ale curentului 550 A și 818 A;
— eclatorul S_1 amorsează după circa 10 μs.

numai cîteva sute de amperi; oscilograma din figura 10 indică de data aceasta amorsarea eclatorului S_2 atît pe curba variației de tensiune

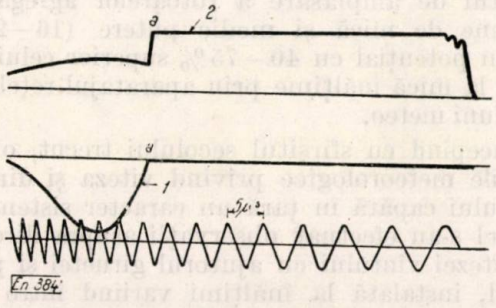


Fig. 11. Unda de impuls de curent (*1*) și curba de variație a tensiunii reziduale (*2*) de la bornele ansamblului rezistență neliniară — contor în condiții de încercare foarte apropiate de limita de funcționare:
— amplitudinea curentului 495 A;
— eclatorul S_1 amorsează după circa 41 μs.

cît și pe curba variației de curent (punctul „*b*"). Amorsarea eclatorului S_1 este indicată net numai pe curba variației de tensiune (punctul *a*). La această experiență executată în condiții foarte apropiate de limita de funcționare a contorului, în circuit se afla un fuzibil de CrNi ∅ 0,1 mm.

O altă oscilogramă interesantă este cea din fig. 11, obținută de asemenea aproape de limita de funcționare a contorului, limită care se confundă cu limita de amorsare a eclatorului S_1. Deosebirea față de oscilograma precedentă constă în faptul că eclatorul S_1 a amorsat după o întîrziere relativ mare (circa 41 μs), momentul amorsării fiind indicat pe curbele de variație a curentului și tensiunii prin punctul *a*. Datorită energiei mici de descărcare, eclatorul S_2 nu a mai intrat în funcțiune. Amplitudinea curentului după amorsarea eclatorului S_1 a atins valoarea de 495 A.

S-a scurtcircuitat apoi eclatorul S_1 și s-a constatat că fuzibilul de Ag ∅ 0,1 mm se topește

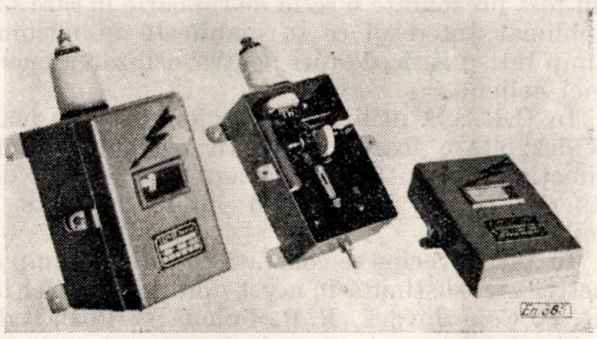


Fig. 12

la un curent de impuls de circa 200 A (undă 7,8/29,9 μs).

6. Condiții de montaj și exploatare

a) Contorul se montează în serie cu orice tip de descărcător cu rezistență variabilă pentru rețele de înaltă și medie tensiune.

b) Contorul funcționează numai în poziție verticală.

c) Contorul poate înregistra 8 descărcări succesive după care fuzibilele trebuie înlocuite.

Pentru înlocuirea fuzibilelor se demontează contorul pentru a fi transportat în laborator, unde i se montează un alt sector cu fuzibile.

În timpul transportului și montării contorului de descărcări atmosferice, sectorul cu fuzibile este blocat cu ajutorul unei lamele metalice.

Pentru demontarea contorului (revizii la sfîrșitul sezonului de descărcări), se vor lua toate măsurile de protecție a muncii în vigoare

(deschiderea separatoarelor descărcătoarelor cu rezistență variabilă, legarea acestora la pământ ș.a.)

Bibliografie

[1] Sirotinski L. I.: *Tehnica tensiunilor înalte* (traducere din limba rusă). Ed. energetică de stat, vol. I, II, 1954.

[2] Hylten – Cavalius N. și Strömberg A.: *Amplitude, durée à mi-amplitude et vitesse d'accroissement des courants dus à la foudre.* ASEA Revue, nr. 1, 1957.

[3] Rabus Willy: *Überspannungsableiter mit Spannungsabhängigem Widerstand und Löschfunkenstrecke,* AEG Mitteilungen nr. 5/6, 1956.

[4] Dolghinov A. I.: *Protecția instalațiilor electrice împotriva supratensiunilor atmosferice* (traducere din limba rusă). Ed. tehnică, București 1957.

Stadiul actual și perspectivele utilizării energiei eoliene în R.P.R.

Ing. *DAN BERNFELD*

În ultimii ani se remarcă o intensificare a activității în domeniul energeticii eoliene.

La sesiunea parțială de la Madrid a Conferinței mondiale a energiei din 5—9 iunie 1960, au fost prezentate o serie de rapoarte în care s-a subliniat interesul ce se manifestă în ultimul timp într-o serie de țări pentru utilizarea energiei eoliene.

În U.R.S.S. utilizarea energiei eoliene a luat o dezvoltare foarte mare. În prezent sînt în funcțiune peste 80 000 de agregate eoliene de diferite tipuri, însumînd o putere de peste 1 milion CP.

În țările vecine se constată în ultimul timp o activitate susținută în acest domeniu. Astfel în R. S. Cehoslovacă, R. P. Polonă și R. P. Bulgaria sînt încercate o serie de agregate eoliene de producție indigenă și de import pentru electrificarea agriculturii și pentru ridicarea apei.

O deosebită importanță se acordă utilizării energiei eoliene în R. P. Ungară, unde se montează în prezent un agregat electro-eolian de medie putere, care va servi drept prototip pentru instalațiile ce se preconizează a fi instalate în serii mari în mediul rural — agricol în vederea electrificării satelor.

În țara noastră, activitatea de studii și cercetări în domeniul energeticii eoliene este dusă de către Comisia permanentă pentru utilizarea energiei eoliene în R.P.R. din cadrul secției energetică — electrotehnică a Consiliului Central ASIT. În anul 1959, Comisia a organizat prima consfătuire pe țară, privind utilizarea energiei eoliene [1].

În cadrul activității sale, comisia a desfășurat și o activitate largă de strîngere a materialului documentar, dispunînd de un fișier bibliografic de peste 2 000 de lucrări.

În prezent, activitatea în domeniul utilizării energiei eoliene în țară este dirijată către :

— probleme de anemometrie și elaborarea principiilor de inventariere și de cadastrare a resurselor energetice eoliene și

— proiectarea, construcția, montarea și încercarea unor prototipuri de agregate mecano- și electro-eoliene.

1. Potențialul eolian al țării

1.1. *Datele meteorologice și valoarea lor din punct de vedere energetic*

În trecut aprecierile cu privire la resursele energetice eoliene ale țării s-au bazat exclusiv pe datele statistice primare sau prelucrate, furnizate de Institutul meteorologic central. Deoarece scopul în care erau culese aceste date la institut nu era cel de stabilire a potențialului eolian, ci numai o apreciere generală a direcțiilor și tăriilor vîntului în imediata apropiere a solului (de obicei aparatele de măsură erau montate la 6 și rareori la 8 m înălțime), din punct de vedere energetic, studiile bazate pe aceste date nu au putut scoate în evidență potențialul eolian real al țării noastre [2]...[6].

În cadrul studiului „*Utilizarea energiei eoliene în R.P.R.*" [7] se insistă asupra corecției la înălțime, ținînd cont de gradientul pe verticală al vitezei vîntului, ajungîndu-se astfel pentru stratul de amplasare a rotoarelor agregatelor eoliene de mică și medie putere (16—28 m) la un potențial cu 40—75% superior celui stabilit la mică înălțime prin aparatajul rețelei de stațiuni meteo.

Începînd cu sfîrșitul secolului trecut, observațiile meteorologice privind viteza și direcția vîntului capătă în țară un caracter sistematic. Astfel s-au efectuat observații asupra direcției și vitezei vîntului cu ajutorul giruetei și plăcii Wild, instalată la înălțimi variind între 6 și 8 m în perioada 1884—1950 și abia în ultima decadă la 10 m de la sol [8]. La aceste măsurători s-au adăugat cele efectuate cu ajutorul anemometrelor de mînă la stațiunile sinoptice și cu ajutorul giruetei cu placă grea la unele

stațiuni meteorologice de munte. Orele de observație la toate stațiunile cu program climatologic au fost 8,14 și 20 ora locală. Reiese clar că acest material statistic nu poate da decît o indicație generală asupra variației vitezei vîntului în decursul zilei.

— Odată cu înființarea în 1936 a primelor stațiuni meteorologice sinoptice, cu personal propriu, s-a început efectuarea observațiilor din oră în oră pe tot timpul programului de funcționare, care era cuprins între orele 5 și 21 și în unele cazuri între 0 și 24. Aceste observații prezintă interes, deși intervin o serie întreagă de factori defavorabili, dintre care amintim :

a) sensibilitatea plăcii Wild ușoare scade cu creșterea vitezei, iar în cazul plăcii grele vitezele mici ale vîntului nu sînt sesizabile ;

b) în timpul nopții, al furtunilor sau viscolelor, urmărirea înclinării plăcii este dificilă, cel însărcinat cu ținerea fișei de variație a vitezei vîntului fiind adesea înclinat a trece arbitrar datele fără a mai verifica comportarea instrumentului în natură.

Recent, într-un număr de stațiuni meteorologice se utilizează anemografe cu fișe de înregistrare zilnică, evitîndu-se astfel deficiențele amintite,

Viteza vîntului variază în timp. În figura 1 se indică variația seculară a vitezelor vîntului, înregistrate la stațiunea meteorologică Filaret [6]. Spre exemplificare, s-a ales numai circulația pe direcția vîntului dominant NE. Rezultă că perioada de intensități minime este 1920—1950, care corespunde perioadei pentru care s-a întocmit atlasul eolian al țării [9].

1.2. *Contribuții la prelucrarea în scopuri energetice a datelor meteorologice primare*

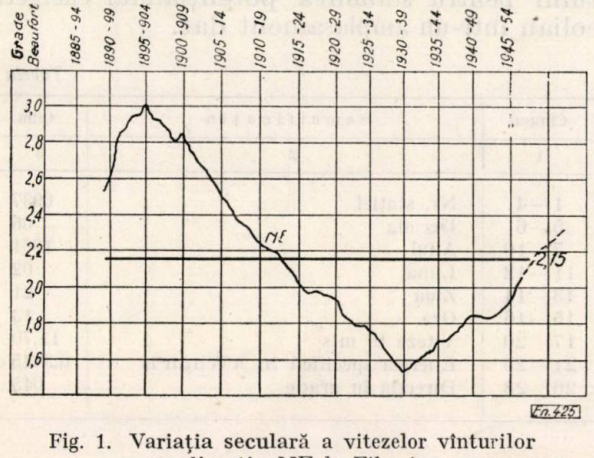


Fig. 1. Variația seculară a vitezelor vînturilor pe direcția NE la Filaret.

Interpretarea datelor statistice. După cum s-a arătat, pentru folosirea datelor statistice primare în scopuri energetice, trebuie aduse în prealabil corecturi. Acest lucru se poate face numai cunoscînd următoarele în ceea ce privește stațiunea meteorologică din punctul studiat :

a) aparatul cu care s-a făcut măsurarea (tipul utilizat, grad de uzură etc.) ;

b) înălțimea de așezare a aparatului de măsură și modificări aduse acestui parametru în diferite perioade ;

c) caracteristicile terenului înconjurător (distanța de la aparat, înălțimea și diferite modificări intervenite în cursul anilor, cum ar fi împăduriri sau defrișări, apariția unor noi construcții, sau, dimpotrivă, demolarea unora inițial existente etc.).

Aceste date cuprinse în fișa fizico-geografică, care în prezent se completează numai la unele stațiuni, au o importanță hotărîtoare la stabilirea coeficienților de corecție. Creșterea, spre exemplu, a copacilor sau tăierea lor, înălțarea aparatului, apariția unor clădiri în imediata apropiere a aparatului etc. sînt factori determinanți la introducerea corecțiilor la datele statistice existente, pentru o perioadă sau alta.

În privința gradului de acoperire a aparatului, se propune o scară de corecție, în care stațiunile sînt împărțite și clasificate de la *gradul 1* — complet acoperite (pădure, cazul unei mici curți interioare a unei școli etc.) — pînă la *gradul 12* — liber expuse (platou fără vegetație, plaje de mare etc.). Gradele intermediare ar fi cu terenul stațiunii așezat în :

Gradul 2. Curtea cu o mare suprafață a unei școli, curtea unei biserici etc.
Gradul 3. În apropierea unei gări
Gradul 4. În oraș
Gradul 5. În sat
Gradul 6. Într-o vale adăpostită
Gradul 7. Într-un parc de mari dimensiuni
Gradul 8. Într-o cîmpie cu obstacole
Gradul 9. Într-o cîmpie cu mici obstacole
Gradul 10. Într-o cîmpie avînd o vegetație cu caracter agricol
Gradul 11. Într-o cîmpie cu caracter de stepă, liberă în toate direcțiile și lipsită de vegetație etc.

Luînd ca exemplu cazul unui viitor amplasament de instalație eoliană în care vitezei medii anuale a vîntului de 5 m/s îi corespunde o repartiție a vitezelor vîntului în cursul anului după cea găsită de profesorul Pomorțev, se trec în tabela 1 datele caracteristice calculate ca :

— frecvența diferitelor viteze ale vîntului ;

— suma frecvențelor pînă la o anumită valoare V_i a vitezei vîntului ;

— suma duratelor diferitelor viteze ale vîntului pînă la un anumit V_i ;

— suma frecvențelor (interpretare procentuală) ;

— suma duratei diferitelor viteze(interpretare procentuală).

Prin prezentarea grafică a datelor din tabela 1 obținem :

Tabela 1

Vitezele vîntului [m/s]	Numărul de ore pentru fiecare viteză v_i a vîntului	Suma frecvențelor [ore]	Suma duratei diferitelor viteze v_i [ore]	Suma frecvențelor [%]	Suma duratei diferitelor viteze [%]
v_i	f_i	$\sum_{i=1}^{i} f_i$	$\sum_{i=i}^{n} f_i$	$\sum_{i=1}^{i} \%$	$\sum_{i=i}^{n} \%$
1	2	3	4	5	6
0	175	175	8 760	2,0	100,0
1	376	551	8 585	6,3	98,0
2	684	1 235	8 209	14,1	93,7
3	1 003	2 238	7 525	25,6	86,0
4	1 310	3 548	6 522	40,5	74,5
5	1 445	4 993	5 212	57,0	59,5
6	1 310	6 303	3 767	71,9	43,0
7	1 050	7 353	2 457	83,9	28,0
8	700	8 053	1 407	91,9	16,1
9	376	8 429	707	96,2	8,1
10	183	8 612	331	98,3	3,7
11	70	8 682	148	99,1	1,7
12	52	8 734	78	99,7	0,9
13	26	8 760	26	100,0	0,3

a) curba de distribuție a vitezelor (fig. 2);
b) curba de asigurare și curba procentuală (fig. 3).

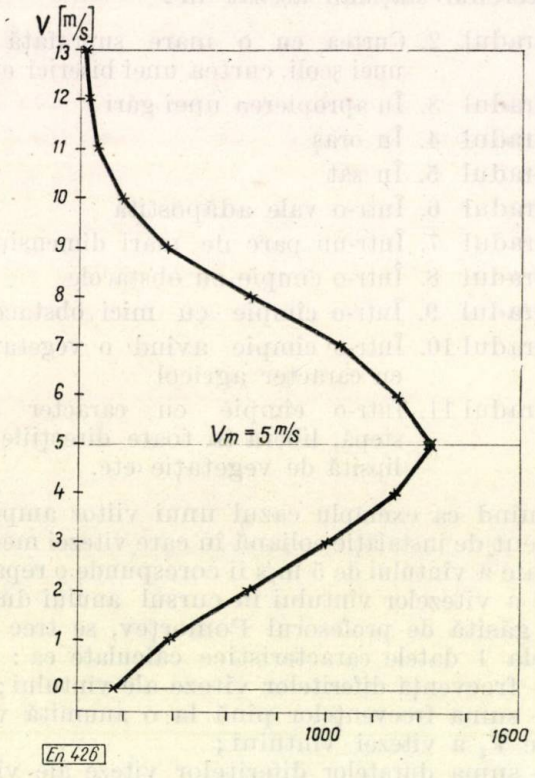


Fig. 2. Curba de distribuție a vitezelor vîntului.

Prelucrarea datelor statistice prin mijloace mecanoelectrice, cu ajutorul cartelelor perforate. În practica internațională „cartelarea" datelor statistice s-a dovedit a fi un mijloc comod de prelucrare a numerelor mari de informații, fie că este vorba de cifre contabile, fie de cele mai

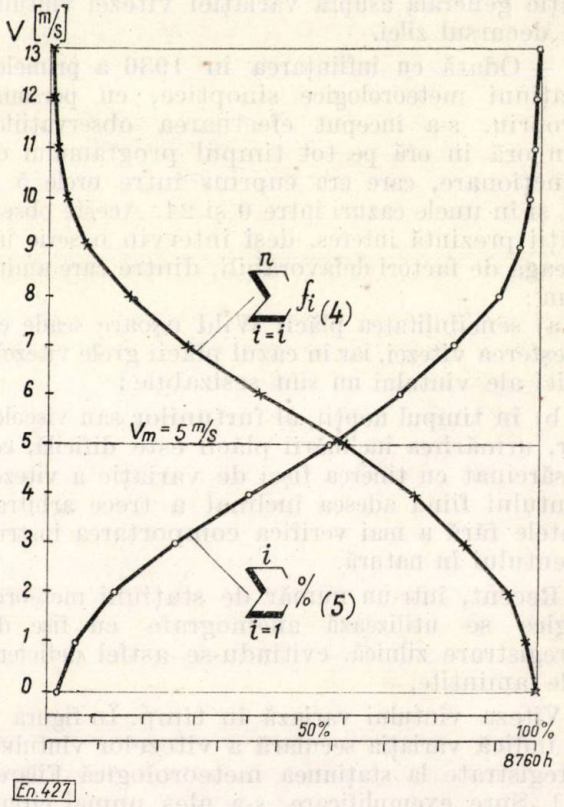


Fig. 3. Curba de asigurare și procentuală anuală a vitezelor vîntului.

diverse domenii ale tehnicii. În exemplul de mai jos (tabela 2, fig. 4) se indică modul de utilizare a cartelelor perforate la prelucrarea datelor meteorologice și în speță a vitezei vîntului pentru stabilirea potențialului energetic eolian într-un amplasament dat.

Tabela 2

Cîmpul	Semnificația	Cifra
1	2	3
1—4	Nr. stației	0937
5—6	Decada	06
7—10	Anul	1961
11—12	Luna	02
13—14	Ziua	21
15—16	Ora	13
17—20	Viteza în m/s	11,70
21—25	Energia specifică în kWh/m²h	0,3845
26—28	Direcția în grade	045

Pornind de la energia cinetică a aerului $\frac{m V^2}{2}$, kgm, se înlocuiește în această expresie $m = \rho VF$, unde ρ este densitatea aerului, V — viteza vîntului, în m/s, iar F — suprafața baleiată de rotor în mișcarea sa de rotație, în m². Din

această putere momentană numai o parte poate fi transformată în energie utilă, caracterizată de coeficientul de utilizare a energiei eoliene. Astfel, puterea instantanee va fi egală cu : $T = \rho \frac{V^3 F}{2}$.

Considerînd suprafața baleiată F unitară și egală cu 1 m², coeficientul de utilizare a energiei eoliene $\zeta = 0{,}38$ și $\rho = 0{,}129$, se va obține la o viteză a vîntului de 11,70 m/s în timpul unitar (o oră) energie specifică pe m² de suprafață baleiată :

$$e = \rho \frac{V^3 \cdot F \cdot \zeta}{2 \cdot 75 \cdot 1{,}36} = 0{,}129 \frac{11{,}70^3 \cdot 1^2 \cdot 0{,}38}{2 \cdot 75 \cdot 1{,}36} =$$

$$= 0{,}3845 \text{ kWh/m}^2\text{h}.$$

Din experiențele care s-au efectuat rezultă :

a) perforarea cartelelor este operația cea mai laborioasă și totodată reprezintă majoritatea timpului necesar lucrării ;

b) prin programarea mașinii de sortat se pot extrage din toate cartelele din timpul unui an al aceleiași stațiuni cartelele pe care le dorim fie sub raportul unui anumit diapazon de intensități ale vîntului, fie al unor anumite perioade orare, care să corespundă, spre exemplu, perioadei de iluminat (între orele 21 și 23 vara, 17 și 23 iarna etc.) sau altele ;

c) cu ajutorul mașinii de calcul din complexul Holerith se pot aduna energiile din cîmpul 21—25, care, înmulțite cu suprafața întregului rotor (baleiată de întregul rotor), ne vor da energia produsă pentru perioada analizată ;

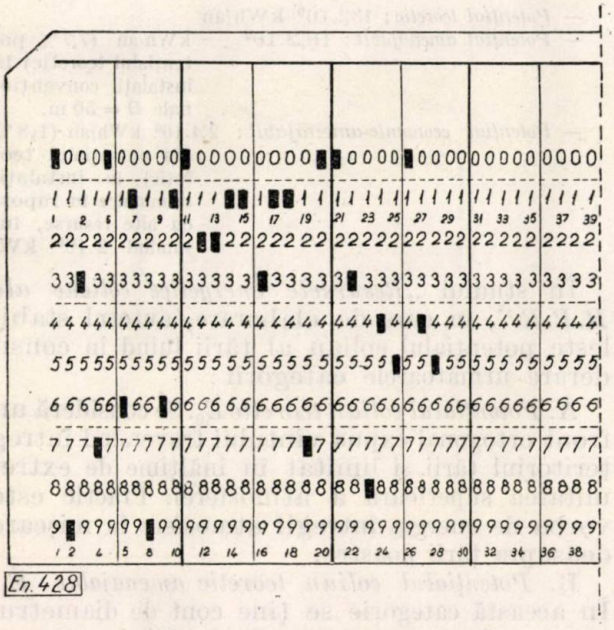


Fig. 4. Porțiune de cartelă perforată cu datele din tabela 2.

d) păstrarea unui număr important de informații sub formă de cartele perforate este comodă atît din punct de vedere al depozitării — care pentru un număr mare de stațiuni meteo și o perioadă de mai mulți ani reprezintă un volum considerabil, 8 760 de cartele/an numai la o stație — cît și al reluării în orice moment a cartelelor pentru noi calcule energetice. Este de

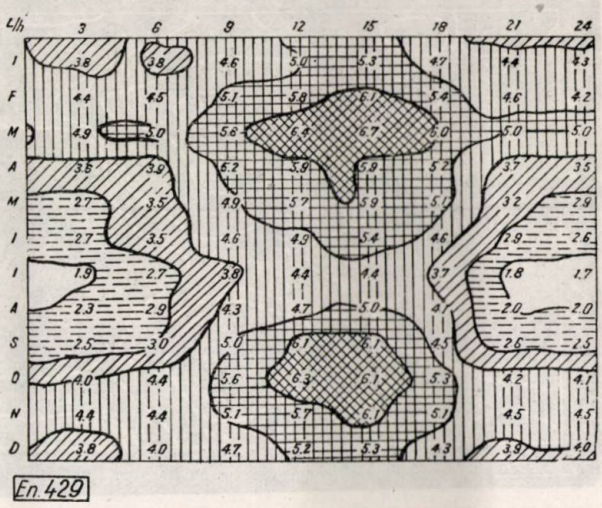


Fig. 5. Izopletele vitezelor vîntului la stațiunea Sulina.

semnalat că datorită mașinilor de sortat din complexul Holerith amestecarea fișelor aparținînd diferitelor stațiuni sau ani nu reprezintă nici un inconvenient.

Reprezentările și analizele izopletare pentru stabilirea potențialului eolian într-un amplasament dat. În figura 5 este reprezentată izopletar repartiția vitezelor vîntului în timp de un an la stațiunea meteo Sulina [8]. Ținînd cont de cele arătate la punctul 1.1, coeficientul de corecție a rezultat de 1,4. În figura 6 se dau sub formă izopletară datele corectate, prezentate

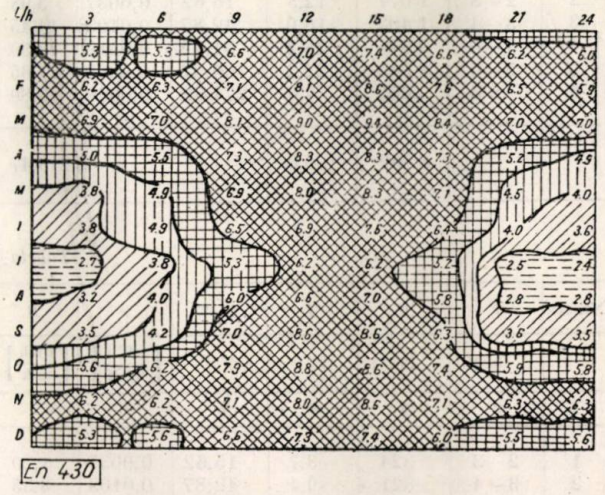


Fig. 6. Izopletele vitezelor vîntului în valori corectate pînă la viteze de 6 m/s la stațiunea Sulina.

în prima diagramă izopletară (fig. 5). Suprafața reprezentînd durata vitezelor ce depășesc 6 m/s este analizată în figura 7. Efectuînd pentru

cele trei diagrame calculele corespunzătoare (tabelele 3,4,5), obținem energiile specifice de 213,47, 433,95 și 609,95 kWh/m² și an. Aceasta

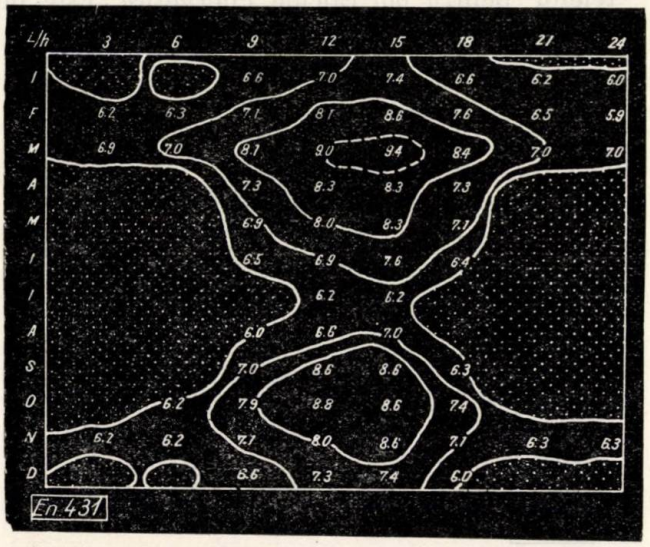


Fig. 7. Izopletele vitezelor vîntului de valori corectate pentru viteze peste 6 m/s la stațiunea Sulina.

reprezintă deci în valori corectate (tabelele 4 și 5) o energie de 2,85 ori mai mare decît în cazul

Tabela 3

Nr. crt.	V [m/s]	f [h]	f [%]	$(v_i)^3$ [m³/s³]	e [kWh/m²,h]	E [kWh/m²h]
1	2	3	4	5	6	7
1	1—2	324	3,7	3,37	0,0009	0,29
2	2—3	1 077	12,3	15,62	0,0037	3,98
3	3—4	1 402	16,0	42,87	0,0103	14,45
4	4—5	3 346	38,2	91,12	0,0219	73,30
5	5—6	1 945	22,2	166,37	0,0399	77,65
6	>6	665	7,6	274,62	0,0660	43,80
		8 760	100,0			213,47

Tabela 4

Nr. crt.	V [m/s]	f [h]	f [%]	$(v_i)^3$ [m³/s³]	e [kWh/m²,h]	E [kWh/m²h]
1	2	3	4	5	6	7
1	2—3	324	3,7	15,62	0,0037	1,20
2	3—4	821	9,4	42,87	0,0103	8,35
3	4—5	902	10,3	91,12	0,0219	19,70
4	5—6	1 594	18,2	166,37	0,6399	63,70
5	>6	5 116	58,4	274,62	0,0660	341,00
		8 760	100,0			433,95

Tabela 5

Nr. crt.	V [m/s]	f [h]	f [%]	$(v_i)^3$ [m³/s³]	e [kWh/m²,h]	E [kWh/m²h]
1	2	3	4	5	6	7
1	<6					92,95
2	6—7	2 045	40,0	274,62	0,0660	135,0
3	7—8	1 791	35,0	421,87	0,1013	182,0
4	8—9	1 156	22,6	614,121	0,1475	170,5
5	>9	123	2,4	1000,00	0,2400	29,5
		5 116	100,0			609,95

luării în considerare a datelor statistice fără introducerea corecțiilor necesare.

Se remarcă că, dacă în anumite cazuri corecția aduce numai o modificare cantitativă, în alteleamplasamente apărînd inițial ca necorespunză, toare din punct de vedere energetic se pot dovedi a fi favorabile instalării agregatelor eoliene.

Exemplul dat scoate în evidență atît importanța prelucrării datelor statistice cît și volumul de lucru important pe care această operație îl cere în opera de inventariere a potențialului eolian pe plan național.

1.3. *Potențialul eolian al țării*

În cadrul raportului general prezentat la prima consfătuire pe țară „Utilizarea energiei eoliene" [10], prof. Dorin Pavel a evaluat resursele energetice eoliene ale țării după cum urmează :

— *Potențial teoretic*: 132.10^9 kWh/an
— *Potențial amenajabil*: $10{,}2.10^9$ kWh/an (7,7% potențialul teoretic) în instalații convenționale $D = 50$ m.
— *Potențial economic-amenajabil*: $2{,}4.10^9$ kWh/an (1,8% din potențialul teoretic) în instalații economice în raport cu alte resurse, însumînd 2.10^6 kW.

În studiul „*Resursele energetice eoliene ale R.P.R.*", în curs de elaborare, autorul stabilește potențialul eolian al țării luînd în considerare următoarele categorii :

A. *Potențialul eolian teoretic* E_0. Se consideră un front ortogonal expus vîntului traversînd întreg teritoriul țării și limitat în înălțime de extremitatea superioară a atmosferei. Practic este vorba de energia întregii atmosfere în mișcare deasupra țării noastre.

B. *Potențialul eolian teoretic amenajabil* E_1. În această categorie se ține cont de diametrul maxim al rotoarelor prevăzut pînă în prezent în proiecte. Astfel stratul utilizat se limitează la păturile inferioare ale atmosferei, întreg teritoriul țării fiind străbătut de planuri ortogonale expuse vîntului și situate la o distanță egală cu 15 diametre maxime între ele. Această distanță

asigură vîntului recuperarea energiei cedate în planul precedent. Pentru a cuprinde diferitele tipuri de vînt, la această categorie, calculele se efectuează ținînd cont de direcția vîntului dominant și de ponderea procentuală a acestui vînt în decursul unui an. Potențialul rezultant este deci suma potențialelor pe diferitele direcții cardinale.

C. *Potențialul eolian tehnic amenajabil* E_2. Acest potențial, spre deosebire de E_1, ține seamă de faptul că unele zone, cum ar fi : terenuri acoperite de apă ca lacuri, bălți, rîuri etc., căi ferate, șosele, orașe și alte localități de mai mică importanță, terenuri împădurite, rîpe etc., sînt neutilizabile.

D. *Potențialul eolian economic amenajabil* E_3. Acest potențial rezultă din E_2 și reprezintă potențialul eolian ce poate fi utilizat în condiții economice. Aci o deosebită importanță o are stabilirea zonelor cu un regim de vînturi favorabil.

În prezent sînt în curs de prelucrare o serie de date care vor permite să se precizeze diferitele valori ale potențialului eolian al țării, urmînd ca prin aceasta să se verifice și evaluările făcute pînă în prezent pentru potențialul eolian al țării.

2. Instalații eoliene în funcțiune în țara noastră

2.1. *Instalații de morărit*

În trecut — îndeosebi în a doua jumătate a secolului al XIX-lea — în sud-estul țării, în zona de litoral și în Moldova au fost construite și exploatate cu succes instalații eoliene mecanice pentru morărit. Aceste instalații amplasate în terenuri deschise, expuse unui regim favorabil de vînturi, au fost construite în grupuri mari — uneori mai multe zeci — folosind în majoritatea cazurilor la măcinatul cerealelor și uneori la ridicarea apei [11].

Existența unui mare număr de mori în aceste regiuni demonstrează că regimul eolian a fost propriu funcționării lor, făcînd pe constructori să generalizeze aceste construcții în unele zone.

Din punct de vedere al concepției, instalațiile eoliene de morărit din țara noastră se încadrează în grupa denumită mori germane, care se caracterizează printr-o rotire a întregii „case a morii" în jurul unui ax. Această rotire a „casei morii" solidar cu rotorul era mijlocul de aducere „în vînt" a instalației. Desigur această operație era dificilă și se efectua numai la o modificare substanțială a direcției vîntului dominant. Rezultă că rotorul era numai aproximativ normal pe direcția vîntului și aceasta numai în cazul în care cel ce exploata agregatul avea o experiență suficientă în ce privește atît stabilirea direcției vîntului dominant, cît și a variației direcției vîntului în decursul zilei. Această aproximație în aducerea instalației „în vînt" era determinată și de faptul că grinda de fixare a instalației — montată rigid la „casa morii" — putea fi fixată numai la cele opt puncte de ancorare dispuse pe un cerc concentric axei de sprijin a morii.

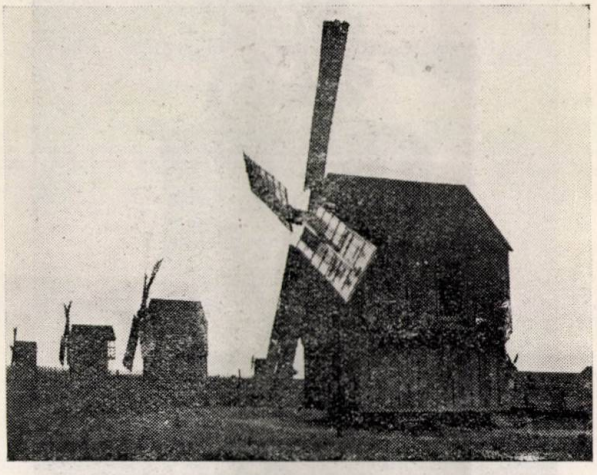


Fig. 8. Grup de mori în Dobrogea.

Diametrul rotoarelor varia între 10—15 m, tipul dominant fiind cel cu 6 pale în nordul Moldovei și Deltă și cu 4 pale în Dobrogea (fig. 8). Instalațiile vechi eoliene de morărit din aceste regiuni, prin rezultatele date în exploatare, au demonstrat că aceste regiuni beneficiază de un regim favorabil de vînturi. Introducerea în aceste regiuni de instalații moderne, cu randamente superioare și cu o înălțime de amplasare mai mare, va conduce evident la rezultate superioare.

2.2. *Instalații eoliene de ridicare a apei*

În ultimii ani ai secolului trecut și apoi la începutul secolului nostru, într-o serie de ferme au fost montate instalații eoliene îndeosebi pentru ridicarea apei. Majoritatea acestor instalații a fost de tip lent multipal de construcție engleză, executate de uzinele Herkules, cunoscute în această perioadă pentru exportul de agregate eoliene în lumea întreagă.

În figura 9 *a* este prezentat un agregat Herkules D-5,5, cu un număr de 18 pale, pus „în vînt" cu ajutorul unui ampenaj și cu scoaterea parțială sau totală — în caz de furtună — din vînt cu ajutorul unei derive laterale.

Recent — după mai mult de 50 de ani de funcționare — agregatul a fost demontat din comuna 23 August (regiunea Dobrogea) și remontat pe un stîlp metalic în comuna Straja din aceeași regiune. Aici agregatul „dublează" un motor cu ardere internă instalat cu cîțiva ani în urmă tot în scopul pompării apei, dar care, datorită deselor defecțiuni, exploatării

improprii și greutăților de depozitare și în special de transport al combustibilului, este indisponibil o mare parte din an [12].

Fig. 9 a. Motorul Herkules D—5,5.

Fig. 9 b. Motorul Herkules D—3,05.

Agregatul Herkules D-3,05 din figura 9 *b* funcționează, de asemenea, ireproșabil de mai multe zeci de ani și este amplasat în apropiere de Vasile Roaită (regiunea Dobrogea).

Agregatele Herkules prezentate în figurile 9 *a* și 9 *b* au următoarele caracteristici:

	Herkules D-3,05	Herkules D-5,5
— Diametru	$D = 3{,}05$ m	$D = 5{,}5$ m
— Numărul palelor	$z = 18$	$z = 18$
— Suprafața baleiată	$S = 7{,}3$ m^2	$S = 23{,}7$ m^2
— Greutatea rotorului, inclusiv angrenajul superior	$G_1 = 254$ kg	$G_1 = 1\,000$ kg
— Greutatea stîlpului	$G_2 = 640$ kg	$G_2 = 1\,040$ kg
— Înălțimea de amplasare a axei față de cota terenului	$H = 15{,}2$ m	$H = 15{,}2$ m

Se întîlnesc, de asemenea, agregate de construcție Aeromotor cu diametre de 3,05 și 4,9 m.

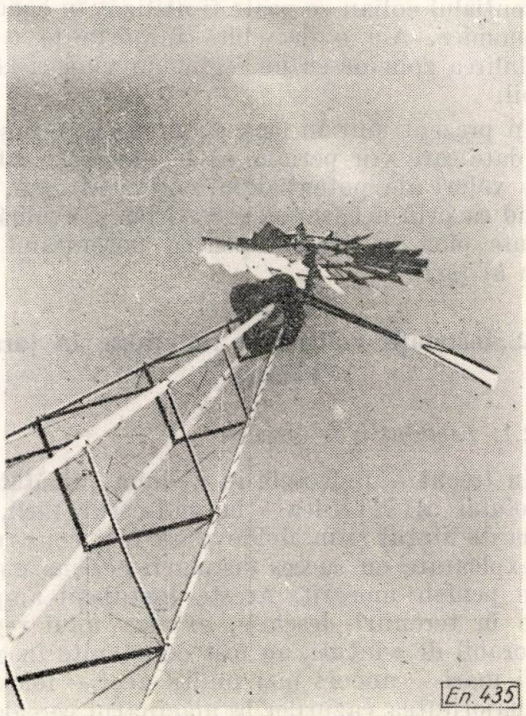


Fig. 10. Agregatul Aeromotor D—3,05 de la Oltenița.

Agregatul din figura 10 are următoarele caracteristici:

— Diametru	$D = 3{,}05$ m
— Numărul palelor	$z = 18$
— Suprafața baleiată	$S = 7{,}3$ m^2
— Greutatea rotorului, inclusiv angrenajul superior	$G_1 = 262$ kg
— Greutatea stîlpului metalic zăbrelit	$G_2 = 495$ kg
— Înălțimea de amplasare a axei față de cota terenului	$H = 16{,}2$ m

Agregatul D-8 (fig. 11) are rotorul format din 18 pale fixate prin intermediul unor spițe pe o bucșă centrală. Arborele rotorului este montat pe rulmenți cu bile. Prin intermediul unei roți dințate fixate pe arborele rotorului, ce angrenează o roată dințată fixată la arborele vertical

se transmite mișcarea de rotație. Capul motorului reprezintă o cutie de fontă turnată în care este fixat arborele rotorului, care face un unghi de 6°30′ cu orizontala. Tot la capul rotorului se fixează deriva compusă dintr-o fermă cu zăbrele, avînd ca rol aducerea rotorului „în vînt". Pentru reglarea sau mai exact limitarea rotației, este folosit un plan lateral. Cele 18 pale elicoidale ale rotorului executate din tablă de oțel galvanizată sînt fixate pe trei cercuri concentrice din corniere de oțel sub un unghi variind între 17° la periferie și 47° la bază. Arborele rotorului este fixat pe stîlpul metalic zăbrelit la 16,5 m de la cota terenului, astfel încît operațiile de revizie și reparațiile curente să se poată realiza de pe o platformă fixată la circa 11 m de la sol, accesul la aceasta din urmă fiind asigurat de o scară fixată pe una dintre laturile stîlpului. Picioarele stîlpului sînt prinse în patru masive de ancorare. Pornirea și oprirea motorului eolian se fac manual cu ajutorul troliului montat la baza stîlpului.

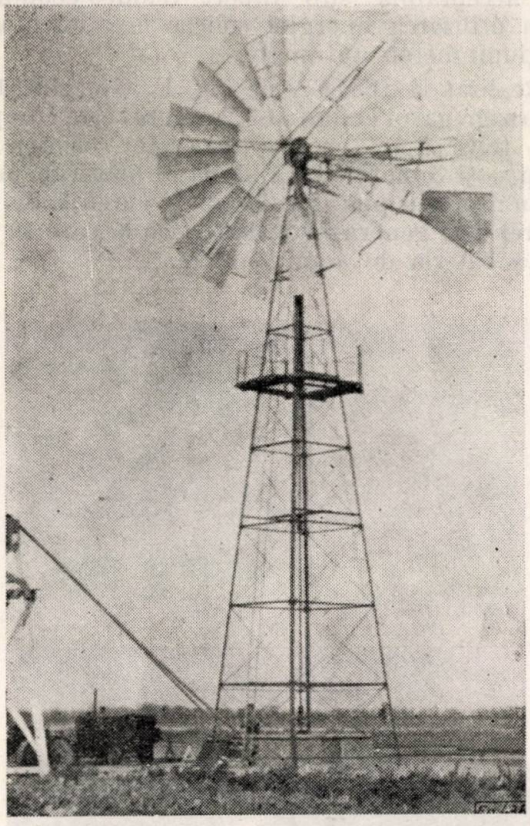


Fig. 11. Agregatul D—8 de la stațiunea experimentală Mărculești.

Realizat la Institutul de cercetări pentru mecanizarea și electrificarea agriculturii — ICMEA — după modelul agregatului sovietic TV—8, motorul eolian D-8 a fost montat în vara anului 1959 la stațiunea experimentală de la Mărculești [13]. Acesta antrenează, prin intermediul reductorului și mecanismului bielă — manivelă, pompa cu piston aspiratoare — refulantă, care are următoarele caracteristici :

- Diametrul $D = 145$ mm
- Cursa pistonului $L = 250-400$ mm
- Numărul de curse la $V = 8$ m/s $n = 25$ curse/min.
- Debitul la $n=25$ rot/min $Q=1{,}72$ l/s pentru $L=250$ mm
  $Q=2{,}75$ l/s pentru $L=400$ mm

Caracteristicile agregatului eolian D-8 ICMEA de pompare a apei sînt următoarele :

- Diametrul rotorului $D = 8$ m
- Numărul de pale $z = 18$
- Coef. de utilizare a energiei vîntului $\zeta = 0{,}25$
- Sistem de limitare a turației cu plan lateral
- Puterea dezvoltată la $V = 8$ m/s $N = 6$ CP.
- Turația dezvoltată la $V = 8$ m/s $n = 25$ rot/min
- Înălțimea de amplasare $H_{axă} = 16{,}5$ m
- Gama vitezelor utilizate $V = 1{,}8 \ldots 15$ m/s

Pentru a putea acumula un volum mai important de apă a fost amenajat în imediata apropiere a agregatului eolian un lac de acumulare avînd o capacitate de 2 500 m³. Agregatul a intrat în funcțiune la 13 august 1959, nesuferind de la acea dată nici o defecțiune. Apa folosită pentru irigație este pompată dintr-un puț forat, al cărui debit orar este de aproximativ $Q = 10$ m³/h, avînd nivelul hidrodinamic la 27 m adîncime de la suprafața terenului. În funcție de capacitatea de acumulare a lacului și de necesarul de apă, agregatul a fost exploatat, în medie, numai 10 ore pe zi. În diagrama din figura 12 se dau performanțele

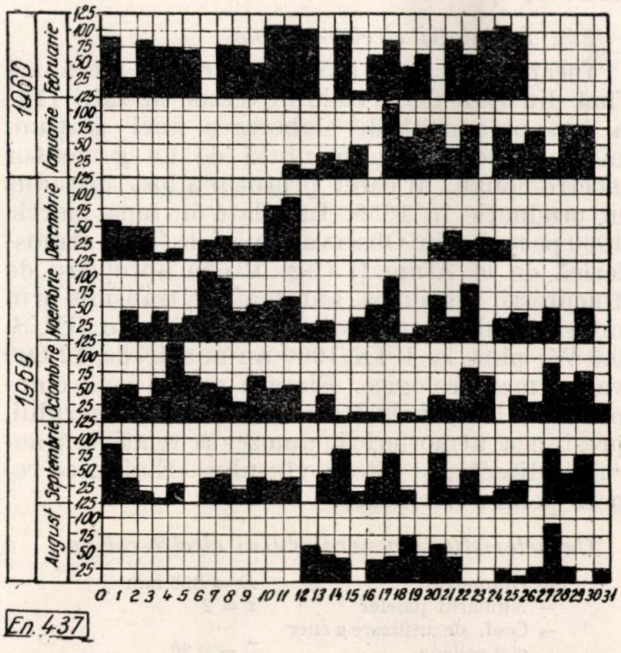


Fig. 12. Cantitatea de apă pompată de agregatul D—8.

agregatului pentru perioada 13.08.59—26.02.60. În această perioadă a fost pompat un volum total de 8 112,5 m³.

Analizînd performanțele zilnice în această perioadă, vom constata următoarele (tabela 6):

Tabela 6

Luna/anul	Q mediu orar	Q mediu zilnic	Q lunar
	[m³/h]	[m³/zi]	[m³/lună]
1	2	3	4
VIII/1959	4,22	42	634
IX/1959	4,03	40,3	1 049,7
X/1959	4,79	48	1 389,5
XI/1959	4,76	47,6	1 238,8
XII/1959	5,97	59,7	955,4
I/1960	6,05	60,5	1 028,9
II/1960	7,48	79,8	1 727,1

a) Debit zilnic maxim

$$Q_{max} = 125 \text{ m}^3.$$

b) Debit zilnic minim

$$Q_{min} = 4,7 \text{ m}^3.$$

c) Perioada 13—20 XII/1959 și 26 XII/1959—11 I/1960 corespunde opririi agregatului în scopul amenajării lacului.

d) Celelalte întreruperi corespund zilelor nelucrătoare.

e) Volumul zilnic de apă pompată a oscilat între 40 și 80 m³.

2.3. *Instalații electro-eoliene*

Începînd cu anul 1957, atelierul de mecanică fină din cadrul Serviciului tehnic al IMC [14] a fost preocupat de elaborarea unei stațiuni meteo automate, alimentată de un generator electro-eolian, al cărei prototip a fost introdus în producție în 1959. Instalată în luna martie 1960 pe teritoriul Observatorului de fizică atmosferică de la Afumați (fig. 13) în apropiere de București, stațiunea automată a transmis prin intermediul aparatului de emisie radio (UUS, 0,5 W) pînă la 1 IX/1960 un număr de 12 000 valori meteorologice. Fiecare emisie este compusă din 5 semnale Morse (temperatura aerului, presiunea atmosferică, umezeala relativă a aerului, direcția și viteza vîntului). Emisia se repetă pentru verificare.

Caracteristicile generatorului electro-eolian:

— Diametrul	$D = 830$ mm
— Numărul palelor	$z = 2$
— Coef. de utilizare a energiei eoliene	$\zeta = 0,36$
— Turația la $V = 8$ m/s	$n = 1\,000$ rot/min
— Puterea nominală a generatorului	$N = 40$ W
— Acumulatorul 200Ah,12 V	

Pentru anul 1961 este prevăzută construirea unei prime serii de asemenea agregate, în scopul instalării îndeosebi în locuri greu accesibile sau în care condițiile de viață ale personalului ar fi mult îngreunate (bălți, regiuni mlăștinoase, terenuri muntoase accidentate etc.). Agregatul IMC-830, realizat de un colectiv sub conducerea ing. Fl. Patrichi, s-a dovedit a fi unica soluție acceptabilă sub raport tehnico-economic prin utilizarea energiei eoliene la alimentarea stațiunii meteo automate.

Realizat la ICMEA de ing. E. Giurgiu [15], microagregatul eolian D-1,2 (fig. 14) este compus din trei părți — rotor, generator electric și stîlp — și funcționează după următorul principiu: rotorul pus în mișcare de curenții de aer antrenează generatorul de c.c. de la care se încarcă bateria de acumulatoare.

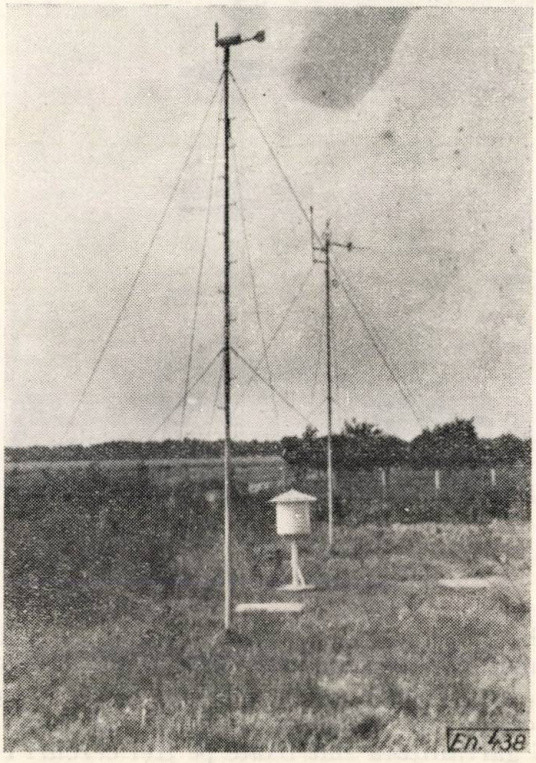


Fig. 13. Instalația microeoliană IMC—830 de la Afumați.

Caracteristicile rotorului sînt următoarele:

— Diametrul	$D = 1\,200$ mm
— Numărul palelor	$z = 2$
— Coef. de utilizare	$\zeta = 0,35$
— Turația la $V = 8$ m/s	$n = 895$ rot/min
— Puterea nominală la $V = 8$ m/s	$N = 145$ W
— Viteza la care agregatul demarează	$V_0 = 2,5$ m/s

Generatorul electric de tip auto de c.c. încarcă bateria de acumulatoare, care are următoarele caracteristici:

— Numărul elementelor	3
— Tensiunea	$U = 6$ V
— Capacitatea	85 Ah.

Agregatul este destinat iluminatului vagoanelor dormitor, fiind conceput din punct de vedere al construcției și al funcționării astfel: rotorul bipal este montat la arborele generatorului, care este fixat pe suport cu ajutorul

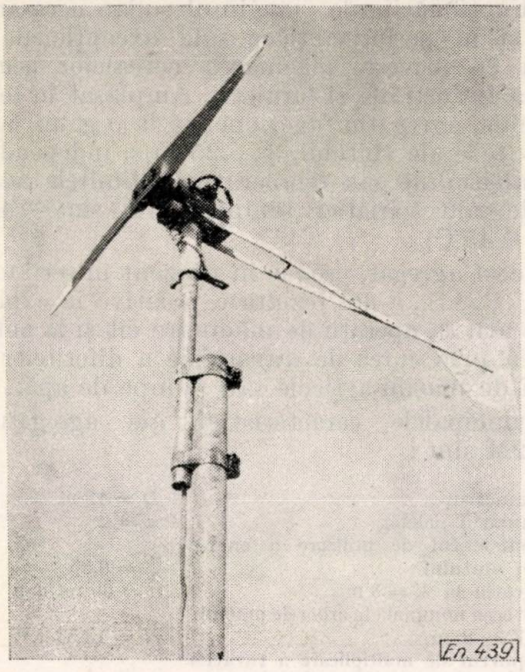


Fig. 14. Agregatul micro-electro-eolian ICMEA D—1,2.

unui colier. Suportul din țeavă de 50 mm are 200 mm lungime și un postament din tablă de oțel sudat la capăt. Suportul se îmbracă peste stativul format dintr-o țeavă de 48 mm, avînd o lungime de 1 000 mm (fig. 14). În felul acesta elicea se poate roti, solidar cu generatorul, pe stativ, punerea „în vînt" a agregatului realizîndu-se cu ajutorul derivei. Elicea poate fi oprită cu ajutorul unei frîne mecanice. În sfîrșit, agregatul este montat pe un stîlp de lemn impregnat, cu un diametru de 200 mm, la care se fixează stativul cu ajutorul celor două coliere ce se văd în figură.

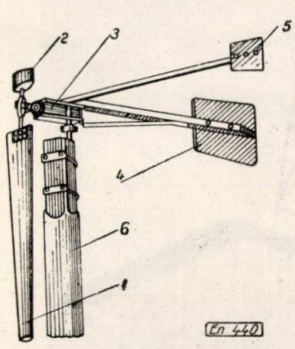


Fig. 15. Microagregatul electro-eolian D—2:
1 — pală; *2* — contragreutate; *3* — generator; *4* — ampenaj; *5* — derivă laterală; *6* — stîlp.

Tabloul de distribuție este montat în interiorul remorcii-dormitor și este format dintr-o placă de marmoră 300×250×5 mm, pe care se găsesc montate: un releu regulator de 6 V, două întreruptoare monopolare automate de 15 A, un întreruptor de 6 A și un ampermetru tip auto 15—0—15 A.

La microagregatul electro-eolian D-2 (fig. 15), realizat de același colectiv [15], locul elicei bipale este luat de una monopală *1*, echilibrată cu contragreutățile *2*, fiind prevăzut cu ampenajul *4* pentru punerea „în vînt" și deriva laterală *5* atît pentru reglarea turației la viteze ale vîntului ce depășesc 8 m/s, cît și pentru punerea „în drapel" a palei în caz de furtună.

Caracteristicile palei sînt următoarele:

— Diametrul	$D = 2$ m
— Numărul de pale	$z = 1$
— Coeficientul de utilizare	$\zeta = 0{,}35$
— Puterea nominală la $V = 8$ m/s	$N = 300$ W
— Turația nominală la $V = 8$ m/s	$n = 720$ rot/min
— Viteza de pornire	$V_0 = 3{,}5$ m/s

Generatorul *3* de tip KP-150 are următoarele caracteristici:

— Puterea nominală	$N = 150$ W
— Tensiunea nominală	$U = 12$ V
— I_{max} de sarcină	$I = 12{,}5$ A
— I la funcționarea în regim de motor	$I = 7$ A
— Turația la care dezvoltă N_{max}	$n = 1\,200$ rot/min
— Turația la care generatorul începe să încarce acumulatorul	$n_0 = 550$ rot/min.

Acumulatorul tip GE 10 *hc* are șase elemente, o tensiune de 12 V și o capacitate de 120 Ah.

Marele avantaj al elicei monopale este acela că poate dezvolta o turație proprie montării ei directe la arborele generatorului, lucru care în cazul unei elice bipale de același diametru nu ar fi posibil, ea realizînd turații de două ori mai mici la aceeași viteză a vîntului. Prin montarea directă la arborele generatorului, construcția devine mai simplă, mai ușoară și totodată mai robustă.

Este utilizat același tablou de distribuție ca la agregatul precedent, schema electrică principială fiind de asemenea identică cu cea a microagregatului D-1,2.

Agregatul electro-eolian de 15 kW *sistem Solomon.* Pornind de la considerentul că principala dificultate tehnică a agregatelor electro-eoliene este reglarea turației, ing. I. Solomon [16] a elaborat în cadrul Institutului de energetică al Academiei R.P.R. un dispozitiv de microcentrală eoliană (fig. 16) prin care se realizează producerea curentului alternativ de tensiune și frecvență constante la viteză variabilă a vîntului, deci la turație variabilă și *nereglată* a motorului eolian.

Producerea primară a curentului se face în curent continuu, ceea ce cu ajutorul dinamului special utilizat permite menținerea tensiunii practic constante pentru limite largi de variație a turației motorului eolian. Ceea ce caracterizează dispozitivul, deosebindu-l de celelalte propuneri făcute în străinătate, este transformarea ulterioară a acestui curent continuu în

curent alternativ prin intermediul unui *invertor mecanic*. Frecvența curentului produsă de acest invertor fiind funcție numai de viteza sa de rotație menținută constantă, se obține un curent alternativ de tensiune și frecvență constante

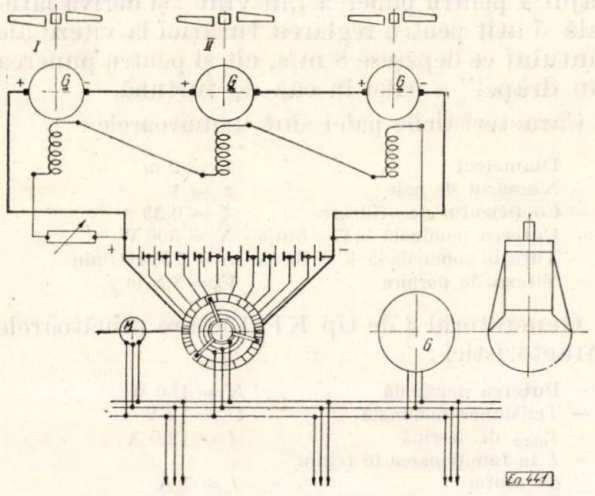


Fig. 16. Schema electrică de principiu a agregatului electro-eolian Solomon, 15 kW.

cu totul desprins de funcționarea, respectiv variațiile turației motorului eolian. În afară de aceasta, în acest invertor mecanic neavînd loc o transformare de energie, ci o simplă mutare periodică a căilor curentului, randamentul este foarte ridicat, de ordinul a 95 %, astfel încît nici puterea primară și nici rezerva de acalmie nu sînt sensibil diminuate.

Invertorul conceput și realizat în acest scop a fost experimentat cu succes într-un prototip de 15 kW executat la Uzinele de motoare electrice din București. Se studiază în prezent experimentarea unei stațiuni eoliene complete pentru care schema propusă, deși în sine numai de natură electrică, aduce în mod indirect o contribuție substanțială și la partea mecanică, și anume prin aceea că scutește motorul eolian de orice reglaj de viteză, partea cea mai costisitoare și mai delicată a acestor motoare.

3. Perspective de utilizare în țară a energiei eoliene

Pe baza rezervelor de potențial și a studiilor întocmite a rezultat că pentru o primă etapă este de recomandat folosirea agregatelor eoliene energetice în special în regiuni izolate de sistemul energetic, lipsite de alte resurse locale, cu mici consumatori energetici și regim favorabil de vînturi.

Ca bază, în urma examinării făcute, se preconizează dezvoltarea agregatelor realizate în țară și completarea acestor tipuri cu unele care au dat rezultate pozitive în exploatare și sînt executate în serii mari în U.R.S.S. și alte țări.

3.1. *Morărit*

Agregatul D-12M [17], (fig. 17), realizat de TNILV (Laboratoarele centrale unionale pentru cercetări științifice în domeniul centralelor electrice eoliene), este indicat a fi aplicat pe scară largă în R.P.R. atît din punct de vedere al funcționării sale — regimul eolian necesar — cît și al performanțelor sale excepționale în ceea ce privește măcinarea cerealelor pentru făină industrială și furajeră. Amplasat în teren deschis, agregatul funcționează la o gamă largă de viteze ale vîntului, 3 . . .25 m/s, independent de altitudine sau temperatură (limitele admisibile ale variației temperaturii sînt — 45°C . . . +45°C).

Acest agregat, produs în prezent în serii mari în U.R.S.S., a dat rezultate pozitive în exploatare atît la operații de măcinare cît și la antrenarea prin curea de transmisie a diferitelor tipuri de mașini agricole sau pompe de apă.

Principalele caracteristici ale agregatului D-12M sînt :

Diametrul	$D = 12$ m
Numărul palelor	$z = 2$
Coeficientul de utilizare a energiei vîntului	$\zeta = 0{,}35$
Turația la $V = 8$ m/s	$n = 50$ rot/min
Puterea nominală la arborele mașinii la $V = 8$ m/s	$N = 13{,}33$ kW
Raportul de multiplicare a turației de la rotor la piatra de măcinare	1 : 3
Viteza de demarare	$V_0 = 2{,}8$ m/s

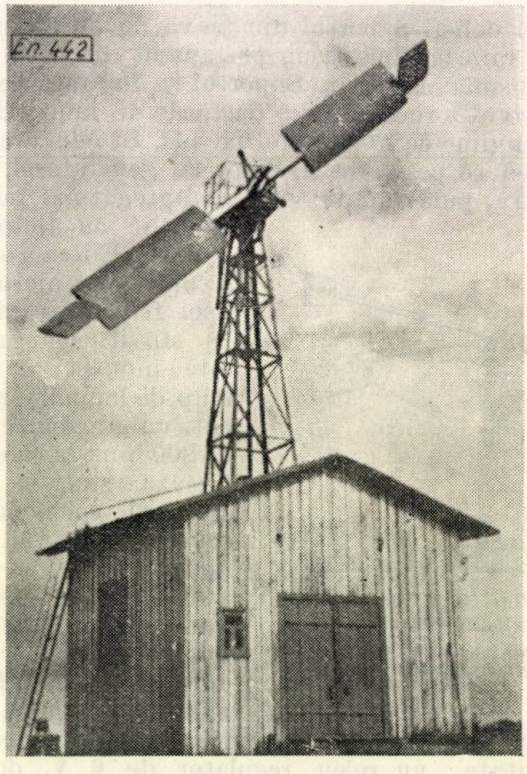


Fig. 17. Agregatul D—12M.

Productivitatea agregatului pentru diferite viteze ale vîntului la măcinarea făinii industriale și furajere, în kg/h, este dată în tabela 7.

Tabela 7

Măcinarea făinii \ V [m/s]	4	5	6	7	8
— industriale	70	100	125	230	300—350
— furajere	100	125	200	280	400—450

3.2. *Ridicarea apei*

Agregatul VP-3. Agregatul D-8 descris anterior este indicat a fi folosit acolo unde debitele cerute sînt importante, iar adîncimea de la care se ridică apa depășește 25—30 m.

Pentru debite relativ mici, între 0,5 și 3 m³/h, și acolo unde pînza freatică se găsește în apropierea suprafeței terenului, nu la mai mult de 20—25 m adîncime, o soluție remarcabilă sub raport tehnico-economic este agregatul sovietic VP-3 (fig. 18), al cărui preț de cost este sub 200 ruble noi [18].

În urma experimentării cu succes a agregatului VP-3, s-a trecut, pe baza hotărîrii Consiliului de Miniștri al U.R.S.S., la producția în serie a acestui agregat. Într-o primă serie au și fost realizate 14 000 de agregate. Pe baza datelor Institutului unional de statistică, rezultă pentru acest agregat un preț per metru cub de

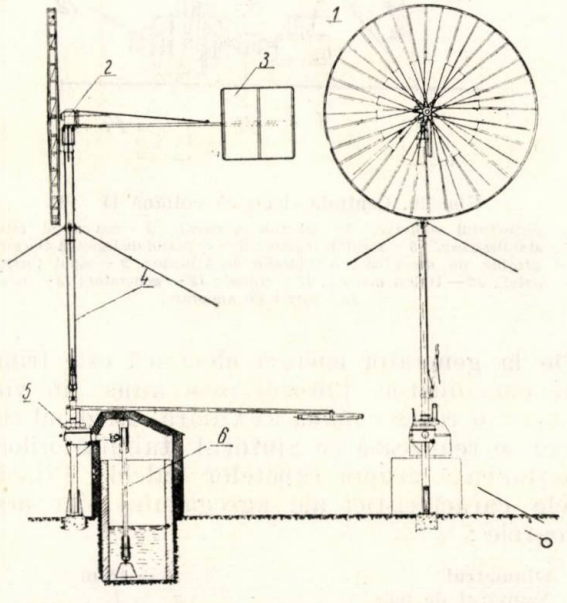


Fig. 18. Agregatul de ridicare a apei VP—3:
1 — rotorul; *2* — angrenajul superior; *3* — derivă; *4* — stîlpul tubular; *5* — angrenaj inferior; *6* — noria elevatorului de apă.

apă ridicată de sub 9 copeici — 1961, față de cazul utilizării altor surse energetice de 3—30 copeici — 1961.

Caracteristicile agregatului eolian VP-3 sînt următoarele:

Gama de viteze ale vîntului utilizate $V \div 3 \div 15$ m/s
Adîncimea maximă a puțului $H_{max} = 24$ m
Diametrul rotorului $D = 3$ m
Înălțimea de amplasare a axei $H_{axă} = 5{,}6$ m
Turația la $V = 8$ m/s $n = 70 \div 90$ rot/min
Raportul de transmisie de la rotor la tamburul elevatorului de apă 1 :5,1
Înălțimea de refulare de la sol $h = 1$ m
Viteza momentană minimă utilă $V_{min.} = 3$ m/s
Viteza momentană maximă utilă $V_{max.} = 15$ m/s
Greutatea totală, inclusiv elevatorul $G = 360$ kg.

Tabela 8

Nr. crt.	Adîncimea	Productivitatea în l/h la vitezele de: 4 [m/s]	5 [m/s]	6 [m/s]	7 [m/s]	8 [m/s]
1	$H_1 = 6$ m	900	1 500	2 100	2 700	3 100
2	$H_2 = 12$ m	600	1 200	1 800	2 400	3 000
3	$H_3 = 18$ m	400	1 000	1 600	2 200	2 900
4	$H_4 = 24$ m	400	1 000	1 500	2 000	2 600

Productivitatea agregatului eolian VP-3. Deoarece conform normelor GOST necesarul de apă este în medie de 50 litri/cap de animal/zi (se are în vedere în afara apei potabile și cea tehnică necesară gospodăriei zootehnice), rezultă debitele de apă, respectiv numărul de animale alimentate conform tabelei 8. Astfel, spre exemplu, la o viteză a vîntului de 8m/s, se pot alimenta între 1 500 și 1 250 de animale în cazul ridicării apei de la 6 și pînă la respectiv 24 metri adîncime.

3.3. *Producerea de energie electrică*

Sînt luate în considerare două cazuri caracteristice — primul în care necesarul energetic poate fi acoperit de o instalație avînd o putere instalată de ordinul a 7—8 kW (cazul unui grup de mici consumatori, alimentarea completă cu energie a unei cabane turistice cu o capacitate de circa 200 paturi etc.), și al doilea, acoperirea necesarului energetic al unei gospodării mixte sau necesarul pentru iluminat și radioficare al unei comune de 250—300 familii, cu ajutorul unui agregat electroeolian avînd o putere instalată de ordinul a 25—35 kW.

Centrala microeoliană „Allgaier WE 10" (fig. 19). Centrala microeoliană care se impune în ultimii ani este WE-10 produsă de uzinele „Allgaier" din Uhingen. Prevăzut cu un regulator de turație sistem Voith, asemănător celui conceput pentru turbinele hidraulice, agregatul funcționează la o gamă largă de viteze ale vîntului prin modificarea unghiului de incidență al palelor.

Agregatul este produs în serii mari și a fost achiziționat într-un mare număr de țări de pe diferite continente [19].

O deosebită apreciere a acestui agregat este dată de academicianul Fateev [20].

O atenție deosebită merită a fi acordată greutății diferitelor elemente ale agregatului :

Capul generatorului cu generatorul	456 kg
Trei pale a 50 kg	150 kg
Stîlpul metalic tubular	322 kg
Placa de fundație	63 kg
Trei masive de ancorare	108 kg
Comanda hidraulică	13 kg
Total :	1112 kg

Raportînd greutatea totală la puterea instalată de 10 kW, rezultă o greutate specifică a agregatului de 111,2 kg/kW$_i$ — cifră apreciată ca „un record pentru agregate de această putere" [20].

Făcînd aceeași analiză pentru un motor Diesel de aceeași putere, obținem :

Motorul	780 kg
Rezervorul de zi	200 kg
Generatorul	350 kg
Placa de fundație	200 kg
Total	1530 kg

de unde greutatea specifică rezultă de 153 kg/kW$_i$, adică cu circa 14 % mai mult ca la agregatul eolian.

Centrala eoliană D-18. Acest agregat utilizat pe o scară largă în U.R.S.S. (fig. 20) dezvoltă o putere de 38 kW la o viteză a vîntului de 9 m/s. Este destinat a funcționa în patru regimuri :

— izolat ;

— în paralel cu un motor Diesel atunci cînd viteza vîntului scade sub cea nominală ;

Fig. 19. Centrala Allgaier WE—10.

— numai rezerva Diesel în orele de calm (în practica sovietică maximum 25 % din timp) ;

— în paralel cu alte motoare eoliene în cadrul așa-numitelor „baterii eoliene" [21].

Principiul de funcționare al agregatului este următorul : de la rotor, prin intermediul angrenajului superior, mișcarea de rotație este transmisă arborelui vertical. În continuare, mișcarea de rotație este transmisă de la reductorul inferior prin intermediul unei cuple la generatorul electric.

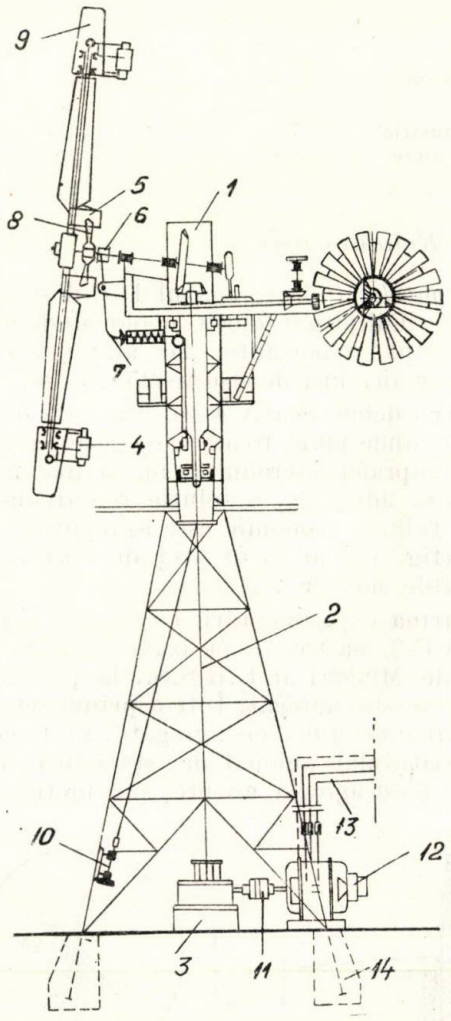


Fig. 20. Centrala electrică eoliană D—18 :

1 — reductorul superior ; *2* — arborele vertical ; *3* — reductorul inferior ; *4* — stabilizatorul ; *5* — arcul de reglare ; *6* — cuplajul de legătură cinematică ; *7* — pîrghie de decuplare ; *8* — pîrghie cu 3 brațe ; *9* — capul turnant al palei ; *10* — troliul manual ; *11* — cuplaj ; *12* — generator ; *13* — linie ; *14* — masiv de ancorare.

De la generator energia electrică este trimisă la consumator. Rotorul este adus „în vînt" printr-o roată eoliană auxiliară. Reglajul turației se realizează cu ajutorul stabilizatorilor ce acționează asupra capetelor palelor. Principalele caracteristici ale agregatului sînt următoarele :

Diametrul	$D = 18$ m
Numărul de pale	$z = 3$
Puterea nominală la $V = 8$m/s	$N = 28$ kW
Turația nominală la $V = 8$ m/s	$n = 42$ rot/min
Înălțimea stîlpului	$H = 20$ m
Viteza de demarare	$V = 4$ m/s
Gama de viteze utilizate	$V = 4-40$ m/s
Coeficientul de utilizare a energiei vîntului	$\zeta = 0{,}36$
Greutatea totală	$G = 12$ t

Variația puterii dezvoltate la arborele rotorului în funcție de viteza vîntului este indicată în tabela 9.

Tabela 9

Viteza V[m/s]	4	5	6	7	8	9
Puterea N[kW]	3,5	6,8	11,6	18	28	38

4. Concluzii

1) Ținînd cont de existența în diferite regiuni ale țării a unui număr mare de instalații de morărit și de performanțele în exploatarea generatoarelor mecano-electro eoliene realizate, se poate trage concluzia că țara noastră beneficiază de un regim eolian propriu utilizării, pe scară largă, a instalațiilor eoliene.

2) Inventarierea potențialului energetic eolian al țării este o operație minuțioasă, necesitînd un volum mare de lucrări, eșalonate pe mai mulți ani. În vederea realizării cadastrului energetic eolian al țării, este necesară extinderea rețelei de stațiuni meteo.

3) Pentru utilizarea materialului statistic existent, este necesară stabilirea gradientului de variație pe verticală a vitezei vîntului, prin realizarea cîtorva stațiuni pilot în regiunile caracteristice din punct de vedere al regimului eolian ale țării.

4) Din analizarea caracteristicilor agregatelor în funcțiune în țara noastră și ale celor curent utilizate în străinătate, rezultă necesitatea continuării și pe viitor a studiului, proiectării, execuției și încercării de agregate în țară.

5) În paralel să se importe cîteva instalații eoliene caracteristice din străinătate în vederea verificării funcționării lor în condițiile din țara noastră pentru introducerea în fabricație în țară a acelor agregate ale căror performanțe se vor dovedi favorabile.

6) Se întrevede necesitatea pentru următorii ani a specializării unei secții aparținînd unei întreprinderi industriale în vederea producției în serie a cîtorva tipuri de instalații eoliene la nivelul tehnicii mondiale.

Bibliografie

[1] Bernfeld, D.: *Prima consfătuire „Utilizarea energiei eoliene"* Energetica VII (1959) nr. 11 (XI) pp. 483—484.

[2] Mayersohn, M.: *Utilizarea energiei vîntului.* IRE (1937) nr. 139.

[3] Avramescu, A., Ioan, V.: *Centrale de vînt.* Bull. APDE XI (1942) IV—VI.

[4] Cișman, A., Boțan, N. V.: *Rapoarte preliminare asupra posibilităților de folosire a energiei eoliene în Romînia.* Bull. Inst. Nat. de Rech. Technol. de Roumanie. 1947—1948.

[5] Giurgiu, E.: *Folosirea în agricultură a energiei eoliene din cîmpia Bărăganului,* 1958, ICMEA IV (1960) nr. XXI pp. 230—246.

[6] Donciu, C.: *Variații ale circulației aerului la sol în sudul R.P.R.* Meteorologia,hidrologia și gospodăria apelor. 3/1958, nr. 2—3, pp. 19—24.

[7] Bernfeld, D.: *Utilizarea energiei eoliene în R.P.R.* Energetica VII (1959), nr. 7, pp. 278—284.

[8] Donciu, C.: *Regimul vînturilor în R.P.R.* Meteorologia, hidrologia și gospodăria apelor. 5 (1960), nr. 1, pp. 17—26.

[9] CSA-IMC: *Atlas climatologic al R.P.R. Fascicula III. Regimul eolian.* București, 1954.

[10] Pavel, D.: *Raport general prezentat la consfătuirea „Utilizarea energiei eoliene".* ASIT — București, 21—24 oct. 1959.

[11] Bernfeld, D.: *Windkraftausnutzung einst und jetzt.* Volkszeitung 3 (1959), nr. 105 (28. V), p. 6; nr. 106 (6. VI), p. 6.

[12] Bernfeld, D., Solomon, I., Stoicescu, G.: *Referat asupra alimentării cu apă a gospodăriilor zootehnice din regiunea Dobrogea prin utilizarea energiei eoliene.* ASIT 1959 — Constanța-București.

[13] Stoicescu, G., Giurgiu, E.: *Utilizarea agregatului eolian D-8 pentru pomparea apei și rezultatele aplicării lui.* Mecanizarea și electrificarea agriculturii V (1960), nr. 4 (VII — VIII), pp. 39—42.

[14] Patrichi, Fl.: *Stația automată meteorologică construită în cadrul Institutului meteorologic central.* Meteorologia și gospodăria apelor V (1960), nr. 3, pp. 213—214.

[15] Giurgiu, E.: *Agregate eoliene pentru iluminatul remorcilor-dormitor de la brigăzile de tractoare.* Mecanizarea și electrificarea agriculturii III (1958), nr. 11—12, pp. 41—46.

[16] Bernfeld, D. E.: *Sostoianie vetroispolzovaniia v Rumînskoi Narodnoi Respublike.* ENIN Acad. U.R.S.S.; TNILV — Moskva — Istra (19. VIII. 1959).

[17] TNILV: *Prospectul agregatului D-12M.* Lab. TNILV Istra — Moskva.

[18] TNILV: *Prospectul agregatului VP-3* Lab. TNILV, Istra-Moskva.

[19] Hütter, U.: *The use of energy for generating electric current in Western Germany,* Rep. 4; 4.1; WPC 1954 — Rio de Janeiro.

[20] Fateev, E. M.: *Stadiul utilizării energiei eoliene în U.R.S.S.,* Raport prezentat la consfătuirea „Utilizarea energiei eoliene în R.P.R., ASIT — București, 21—24 oct. 1959.

[21] Bernfeld, D.: *Raport prezentat la ședința de lucru anuală a Comisiei permanente pentru utilizarea energiei eoliene în R.P.R.* sept. 1959, ASIT. — București.

Unele aspecte ale problemei îmbunătățirii factorului de putere în R.P.R.

Ing. *GEORGE PANAITESCU* și ing. *MIHAI GRĂNICEANU*

Pentru asigurarea bazei energetice a industrializării țării noastre în conformitate cu prevederile Directivelor Congresului al III-lea al P.M.R., producția de energie electrică va crește de la 6,8 miliarde kWh în 1959, respectiv circa 7,7 miliarde kWh în 1960, la minimum 18,5 miliarde kWh în 1965, iar pînă în 1975 se prevede ca această producție să ajungă la 65—70 miliarde kWh [1].

Avînd în vedere cantitățile mari de energie electrică ce se produc pentru satisfacerea consumului necesar, problema factorului de putere, respectiv a energiei reactive consumate, prezintă o importanță deosebită datorită efectelor negative pe care aceasta le produce în sistemele energetice.

Este îndeobște cunoscut că un factor de putere (cos φ) scăzut are efecte dăunătoare, cum ar fi :

— producerea de pierderi suplimentare de energie electrică activă ;

— supradimensionarea instalațiilor de producere, transport și distribuție a energiei electrice ;

— producerea de căderi de tensiune suplimentare ;

— reducerea capacității de încărcare cu putere activă a instalațiilor electrice și mecanice [2].

Față de aceste aspecte, este necesar să existe o preocupare de îmbunătățire a factorului de putere pentru toți tehnicienii și inginerii din sectorul producerii transportului și utilizării energiei electrice.

Scopul articolului de față este de a arăta, pe baza experienței căpătate, drumul de urmat și în viitor în țara noastră în vederea îmbunătățirii factorului de putere în cel mai scurt timp.

După naționalizarea mijloacelor de producție în 1948, pentru satisfacerea necesităților energetice din țara noastră, a fost necesară, pe de o parte, organizarea din punct de vedere tehnico-administrativ a întreprinderilor furnizoare de energie electrică, iar pe de altă parte luarea de măsuri pentru ridicarea puterii disponibile în centralele electrice cît mai aproape de puterea instalată.

Întreprinderile de electricitate înainte de naționalizare aparțineau diferitelor societăți cu caracter particular, care urmăreau să obțină din vînzarea energiei electrice beneficii cît mai mari. Acestea se realizau prin aplicarea de tarife care în momentul naționalizării difereau de la întreprindere la întreprindere, de la localitate la localitate cît și pe categorii de consumatori.

În 1950, după reorganizarea întreprinderilor din sectorul energetic, s-a făcut o primă sistematizare a tarifelor pentru energia electrică și a categoriilor de consumatori, reducîndu-se totodată numărul de prețuri practicate înainte de acea dată [3].

Mergînd pe linia îmbunătățirii situației energetice prin raționalizarea consumului de energie electrică, pe linie de stat s-au elaborat o serie de regulamente, instrucțiuni și hotărîri ale Consiliului de Miniștri, cum au fost, între altele :

— H.C.M. nr. 2578/1952 privind raționalizarea consumului de energie electrică ;

— H.C.M. nr. 538/1954 privind îmbunătățirea producerii, distribuirii și utilizării energiei electrice ;

— H.C.M. nr. 539/1954 privind înființarea în cadrul Ministerului Energiei Electrice și Industriei Electrotehnice a Inspecției energetice ;

— H.C.M. nr. 188/1955 privind stabilirea și aplicarea tarifelor de energie electrică ;

— H.C.M. nr. 316/1956 privind aprobarea regulamentului de utilizare a energiei electrice ;

— H.C.M. nr. 35/1959 privind măsuri pentru organizarea controlului utilizării raționale a energiei electrice ;

— H.C.M. nr. 204/1960 privind modificarea unor articole din H.C.M. nr. 188/1955 și Regulamentul de utilizare a energiei electrice aprobat de H.C.M. nr. 316/1956.

1. Problema energiei reactive în R.P.R.

În trecut, sub regimul burghezo-moșieresc, problema energiei reactive și a efectelor ei negative în exploatare nu a constituit decît într-o mică măsură o preocupare, accentul în acea vreme punîndu-se pe realizarea beneficiului maxim, în orice condiții de exploatare.

În statul nostru democrat-popular, una dintre sarcinile de căpetenie în economia națională fiind regimul de economii ce se obțin pe seama reducerii continue a consumurilor specifice de materii prime și materiale, energie și combustibil, a apărut și necesitatea preocupării compensării energiei reactive, respectiv a ridicării valorii factorului de putere (cos φ).

În legătură cu această problemă este de menționat activitatea teoretică susținută a regretatului academician prof. ing. C. Budeanu, care a analizat aspectele diferite ale problemei factorului de putere (științific, tehnic și economic), atrăgînd atenția inginerilor și tehnicienilor din țara noastră asupra

însemnătății acestei probleme, indicînd unele căi de urmat în rezolvarea ei, folosind în același timp și experiența din U.R.S.S. [4].

Creșterea factorului de putere în U.R.S.S. este considerată ca una dintre căile principale pentru reducerea pierderilor de energie electrică. Astfel ridicarea factorului de putere în sistemele energetice ale U.R.S.S. numai cu 0,01 poate da anual economii de energie electrică (la nivelul anului 1959) de peste 500 milioane kWh [5].

În R.P.R., în 1955, prin H.C.M. nr. 188 s-a trecut la unificarea tarifelor de energie electrică pe țară (cu excepția consumatorilor industriali alimentați din rețelele întreprinderilor de electricitate aparținînd sfaturilor populare), cu care ocazie — folosind experiența U.R.S.S. în această materie —, s-a introdus și un element nou, cu caracter financiar, în legătură cu valoarea factorului de putere sub care se consumă energia electrică de către marii consumatori industriali [6].

Acest element nou constă în aplicarea de bonificări-penalizări la tariful energiei electrice în funcție de valoarea factorului de putere realizat și de valoarea factorului de putere neutral.

Ținînd seamă de nivelul factorului de putere mediu al marilor consumatori industriali din 1955, care era de circa 0,69, de la 1 ianuarie 1956 s-a fixat un factor de putere neutral de 0,75, acordîndu-se bonificări pentru consumatorii cu un factor de putere mediu mai ridicat ca 0,75 și majorări (penalizări) pentru consumatorii cu un factor de putere mediu sub 0,75. Introducerea unui asemenea regim a fost necesară în vederea stimulării consumatorilor de energie electrică pentru ridicarea factorului de putere, respectiv îmbunătățirea parametrilor de exploatare ai rețelelor electrice și reducerea pierderilor de energie electrică. Scara de bonificări — penalizări prevăzută în H.C.M. nr. 188/1955 este cea arătată mai jos :

cos φ	(—) bonificări (+) majorări %	cos φ	(—) bonificări (+) majorări %
1,00	— 15,0	0,60	+ 35
0,95	— 12,5	0,55	+ 50
0,90	— 10,0	0,50	+ 60
0,85	— 7,5	0,45	+ 80
0,80	— 5,0	0,40	+ 95
0,75	0	0,35	+110
0,70	+ 5	0,30	+125
0,65	+ 20		

Pentru valori intermediare ale factorului de putere mediu rezultat, bonificările, respectiv majorările, se stabilesc prin interpolare liniară.

În vederea reducerii consumului de energie reactivă, concomitent cu introducerea elementului financiar de bonificări-penalizări asupra valorii totale a energiei electrice active consumate, s-a introdus prin planul de stat și sarcina urmăririi consumului de energie reactivă față de consumul total de energie activă (variația tg φ).

Este de menționat că în vederea exploatării cît mai economice și raționale a centralelor și rețelelor electrice, prin Directivele Congresului al II-lea al P.M.R. cu privire la cel de-al doilea plan cincinal de dezvoltare a economiei naționale (1956—1960) s-a trasat ca sarcină să se îmbunătățească factorul de putere la consumatorii de energie electrică pînă în anul 1960 la cel puțin 0,75.

Avantajele tehnice și economice rezultate din creșterea valorii factorului de putere sînt îndeobște cunoscute, astfel : variația prețului de cost al energiei electrice în funcție de variația factorului de putere este în strînsă dependență de variația funcțiilor $\left(\frac{1}{\cos\varphi}\right)$ și $\left(\frac{1}{\cos^2\varphi}\right)$.

Din relațiile cunoscute (în c.a. trifazic), valoarea puterii active se exprimă prin relația $P = \sqrt{3}\ UI\cos\varphi$, iar puterea aparentă după care se dimensionează utilajele electroenergetice (generatoare, transformatoare etc.) se exprimă prin relația $S = \sqrt{3}\ UI$, de unde rezultă :

$$S = \frac{P}{\cos\varphi} \text{ sau } S = K_1\left(\frac{1}{\cos\varphi}\right).$$

În același timp pierderile de putere în rețelele electrice sînt stabilite pe baza relației :

$$\Delta P = RI^2 = \frac{S^2}{U^2}\cdot R = \frac{P^2}{U^2\cos^2\varphi}\cdot R;$$

considerînd R, P, U constante, pierderile de putere vor fi date de relația $\Delta P = K_2\left(\frac{1}{\cos^2\varphi}\right)$.

Prețul de cost al energiei electrice este influențat atît de pierderile de putere (de energie) cît și de mărirea puterii aparente a instalațiilor, prin faptul că ele afectează cheltuielile anuale și cotele de amortizări. Pentru a se stabili influența factorului de putere asupra investițiilor și cheltuielilor anuale, în cele ce urmează se studiază variația puterii aparente, puterii reactive și pierderilor de putere față de valoarea neutrală a factorului de putere de 0,75 luată în considerare în 1955.

Pentru o putere activă $P = 1$, variațiile (Δ) pentru S, Q și ΔP sînt stabilite pe baza următoarelor relații :

— pentru puterea aparentă :

$$S = \frac{P}{\cos\varphi} \text{ sau } S = K_1\left(\frac{1}{\cos\varphi}\right) \text{ și } \Delta S = \frac{S - Sn}{Sn}\,100\%;$$

— pentru puterea reactivă :

$$Q = P\,\mathrm{tg}\,\varphi \text{ și } \Delta Q = \frac{Q - Qn}{Qn}\,100\%;$$

— pentru pierderile de putere :

$$\Delta P = K_2 \frac{1}{(\cos^2 \varphi)} \Delta(\Delta P) = \frac{\Delta P - \Delta Pn}{\Delta\ Pn}\ 100\%;$$

în care S,P,Q reprezintă putere aparentă, activă și reactivă la un anumit factor de putere, iar Sn, Pn *și* Qn reprezintă puterea aparentă, activă și reactivă corespunzătoare factorului de putere neutral, din scara de bonificări-penalizări respectivă [7].

Variațiile ΔS, ΔQ și $\Delta(\Delta P)$ în procente față de valorile lor de bază corespunzător unui cos $\varphi = 0{,}75$ și $P = 1$ sînt date în tabela de mai jos :

cos φ	S	$\frac{\Delta S}{\%}$	Q	$\frac{\Delta Q}{\%}$	ΔP	$\frac{\Delta(\Delta P)}{\%}$
1	1	−25	0	−100	1	−44
0,95	1,05	−21	0,33	− 62	1,10	−32
0,90	1,11	−16	0,48	− 45	1,23	−30
0,85	1,17	−12	0,62	− 30	1,37	−23
0,80	1,25	− 6	0,75	− 15	1,56	−12
0,75	1,33	100	0,88	100	1,78	100
0,70	1,43	+ 8	1,02	+16	2,04	+ 15
0,65	1,54	+16	1,20	+33	2,37	+ 33
0,60	1,66	+23	1,33	+51	2,76	+ 57
0,55	1,82	+37	1,52	+70	3,31	+ 87
0,50	2,00	+50	1,74	+96	4,00	+125

Din tabela de mai sus se evidențiază efectele pozitive și negative ale valorii factorului de putere față de o anumită valoare neutrală. Acest lucru a determinat introducerea unui regim de penalizări și bonificări la marii consumatori de forță motrice în funcție de valoarea factorului de putere sub care absoarbe energia electrică din sistem.

2. Realizări obținute în R.P.R. referitoare la factorul de putere în perioada 1955—1959

Ca urmare dispozițiilor legale privind regimul factorului de putere și a măsurilor luate de consumatorii industriali pentru ridicarea valorii factorului de putere, atît prin măsuri naturale, ca :

— înlocuirea electromotoarelor de puteri prea mari, cu altele de puteri corespunzătoare;

— utilizarea limitatoarelor de mers în gol;

— verificarea execuției corespunzătoare a reparațiilor electromotoarelor;

— înlocuirea transformatoarelor de puteri prea mari cu altele de puteri mai mici, cît și prin montarea de utilaje de compensare (compensatoare sincrone, condensatoare statice, compensatoare de fază), s-a ajuns ca valoarea factorului de putere mediu la consumatori să crească de la 0,69, cît era în 1955, la 0,82 la finele anului 1959.

De menționat că în intervalul 1955—1959 puterea instalată în mijloace de compensare a crescut de 5,4 ori, arătînd prin aceasta efectul pozitiv al dispozițiilor din H.C.M. nr. 188/1955.

Astfel în totalul puterii utilajelor de compensare instalate, 38% s-au montat în rețele, iar restul la consumatori. Din puterea utilajelor instalate la consumatori circa 72% s-au montat în condensatoare statice, iar restul în compensatoare sincrone.

În afara celor arătate mai sus, factorul de putere a mai fost îmbunătățit și prin sincronizarea unor motoare asincrone (metodă folosită în U.R.S.S.), metodă care a fost verificată și care este indicată a fi folosită acolo unde este cazul [8].

Pentru a se asigura și reușita acțiunii de îmbunătățire a factorului de putere, s-a înființat în 1954 Inspecția energetică, care are ca sarcini principale : elaborarea de studii, regulamente și prescripții pentru folosirea economică a energiei electrice și pentru utilizarea rațională a echipamentului energetic.

De asemenea prin Regulamentul de utilizare a energiei electrice, aprobat prin H.C.M. nr. 316/1956, s-au prevăzut condițiile pe care trebuie să le satisfacă noile instalații ale consumatorilor, inclusiv instalațiile de compensare a energiei reactive, la avizarea proiectelor verificîndu-se dacă valoarea factorului de putere corespunde cu valoarea impusă întreprinderii de către sistemul energetic.

Între alte prevederi ale regulamentului sînt de menționat și autorizarea întreprinderilor de electricitate de a deconecta instalațiile cu factor de putere sub 0,4 precum și scutire de penalizări, de către Inspecția energetică, a consumatorilor cu factor de putere redus pentru care echivalentul energetic al puterii reactive este nefavorabil, cu condiția ca sus-numiții consumatori să fi luat toate măsurile pentru compensarea pe cale naturală a puterii reactive.

Tot pentru creșterea valorii factorului de putere la consumatori, se pretinde ca la montarea motoarelor asincrone cu puteri peste 100 kW să se obțină avizul Inspecției energetice, căreia trebuie să i se justifice motivele pentru care nu se folosesc motoare sincrone. Intreprinderilor care montează motoare sincrone prin H.C.M. nr. 204/1960, li se acordă și anumite reduceri la tariful de energie electrică pentru o durată de un an de zile.

Creșterea factorului de putere mediu pe ansamblul marilor consumatori industriali alimentați din rețelele întreprinderilor de electricitate aparținînd Ministerului Minelor și Energiei Electrice (M.M.E.E.—D.E.E.) în perioada mai sus indicată se prezintă astfel :

Anul	1955	1956	1957	1958	1959
cos φ mediu	0,69	0,76	0,78	0,80	0,82

Din tabela de mai sus se constată că în anul introducerii regimului de penalizări-bonificări pentru cos φ, valoarea factorului de putere mediu a crescut de la 0,69 la 0,76. Aceasta s-a datorat în mare parte măsurilor naturale care s-au putut lua imediat de către consumatori.

Prin ridicarea valorii factorului de putere de la 0,69 la 0,82 în perioada 1955—1959, s-au realizat importante economii de energie electrică (respectiv combustibil) și de investiții, pe de o parte datorită reducerii pierderilor de energie în rețelele electrice și pe de altă parte prin instalarea unei puteri mai mici în centralele electrice ale sistemului energetic, pentru aceeași putere activă solicitată de consumatori.

Totodată întreprinderile industriale care au ridicat valoarea factorului de putere mediu peste 0,75 au realizat economii de sute de mii de lei anual [9].

În perioada 1956—1959 valoarea bonificațiilor acordate s-a ridicat la peste 100 000 000lei.

Pe ramuri industriale, variația factorului de putere mediu în aceeași perioadă se prezintă astfel:

Evoluția factorului de putere mediu pe total M.M.E.E. — D.E.E. și pe ramuri industriale:

Anul	1955	1956	1957	1958	1959	$\frac{1959}{1955}$ %
Total industrie din care	0,69	0,76	0,78	0,80	0,82	119
Ind. petrolului	0,54	0,63	0,65	0,75	0,75	138
Ind. chimiei	0,83	0,81	0,83	0,83	0,83	100
Ind. cimentului	0,73	0,76	0,78	0,85	0,87	119
Ind. constr. mașini	0,73	0,76	0,80	0,81	0,82	112
Ind. textilă	0,70	0,78	0,78	0,76	0,81	115
Ind. alimentară	0,73	0,76	0,75	0,80	0,81	110
Ind. hîrtie și celuloză	0,77	0,93	0,92	0,88	0,87	113
Ind. siderurgică	0,83	0,87	0,88	0,82	0,83	100

Din tabela de mai sus se pot urmări preocupările diferitelor ramuri industriale în vederea îmbunătățirii factorului de putere, în perioada mai sus menționată.

Se observă că ramurile industriale care aveau factor de putere scăzut s-au preocupat mai mult, cum este cazul industriei petrolului (în sectorul foraj-extracție), care a aplicat o serie de măsuri tehnico-organizatorice specifice acestui sector [10]. Alte ramuri industriale, care aveau deja un factor de putere mediu mai ridicat, datorită naturii procesului tehnologic (electro-chimie, electro-metalurgie), au acționat mai puțin în vederea îmbunătățirii factorului de putere, avînd valori ale factorului de putere mediu peste valoarea neutrală stabilită de H.C.M. nr. 188/1955.

Ridicarea factorului de putere la consumatorii industriali a fost posibilă atît datorită măsurilor naturale arătate mai sus cît și prin compensarea artificială a puterii reactive cu ajutorul utilajelor și aparatajului fabricat în țară, cum sînt:

— compensatoare sincrone;
— compensatoare de fază;
— motoare sincrone;
— condensatoare statice.

Menționăm că industria electrotehnică fabrică condensatoare statice de 15 kVAR pentru 380 V—500 V și 1 000 V, compensatoare sincrone 6 kV—5 000 kVAR, precum și motoare sincrone de puteri între 100—500 kW — pentru 380 V — 500 V și 6 000 V [11].

De asemenea în țară s-au mai construit compensatoare fază (excitatrice fără stator) de 200 și 400 A de către Atelierele „9 Mai" din Departamentul industriei materialelor de construcții și de fosta Cooperativă „Ciocanul" din Tg. Mureș, utilaje care au fost folosite în special în sectorul industriei cimentului.

3. Continuarea acțiunii de îmbunătățire a factorului de putere după 1.I.1960 și în perspectiva planului economic de șase ani (1960—1966)

În urma acțiunii de ridicare a factorului de putere s-a ajuns la finele anului 1959 ca acesta să întreacă valoarea medie de 0,82.

Pentru a se putea ridica în continuare valoarea factorului de putere, a fost necesar ca și legislația în vigoare să fie adaptată la noua situație, în sensul de a se modifica valoarea factorului de putere neutral. Prin H.C.M. nr. 204/1960 de la 1 ianuarie 1960, valoarea factorului de putere neutral a fost ridicată de la 0,75 la 0,85, păstrîndu-se în continuare regimul de bonificări-penalizări după o anumită scară.

Cu această ocazie regimul de bonificări-penalizări s-a extins și asupra marilor consumatori de energie electrică alimentați din instalațiile sfatului popular care nu fuseseră afectați de prevederile H.C.M. nr. 188/1955 [12].

Pentru a da acestor consumatori posibilitatea de a lua atît măsuri naturale cît și măsuri de procurare a utilajelor de compensare artificială, regimul de putere s-a introdus de la 1.07.1960 după scara de bonificări-penalizări corespunzătoare factorului de putere neutral de 0,75 pentru un interval de 1 an, urmînd ca de la 1 iulie 1961 să se introducă regimul de penalizări-bonificări față de factorul de putere neutral de 0,85.

De la această dată — 1 iulie 1961 — se va realiza unificarea regimului factorului de putere pe întreg teritoriul țării, aceasta reprezentînd un pas înainte în cadrul unificării tarifelor și pentru consumatorii de forță motrice, lucru ce nu a putut fi realizat în 1955 decît pentru celelalte categorii de consumatori (iluminat și utilizări casnice, iluminatul public, iluminat general etc.)

Noua scară de bonificări-penalizări prevăzută în H.C.M. nr. 204/1960 se prezintă în felul următor :

cos φ	(—) bonificări (+) majorări %
1,00	— 10
0,95	— 7,5
0,90	— 5
0,85	0
0,80	+ 10
0,75	+ 20
0,70	+ 30
0,65	+ 50
0,60	+ 70
0,55	+ 90
0,50	+110

Pentru alte valori ale factorului de putere mediu, procentul de reducere sau majorare se stabileşte prin interpolare, respectiv extrapolare lunară.

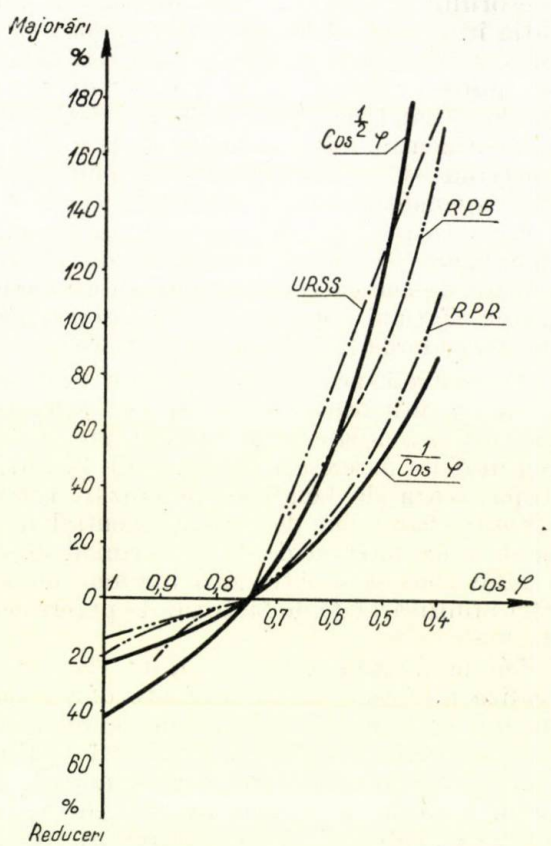
Procentele de majorare, respectiv bonificare, s-au stabilit avînd în vedere variaţiile puterii aparente (ΔS), puterii reactive (ΔQ) şi pierderilor de putere Δ (ΔP), faţă de un factor de putere neutral de 0,85.

Variaţiile ΔS, ΔQ şi $\Delta(\Delta P)$ sînt arătate în tabela următoare.

cos φ	S	ΔS, %	Q	ΔQ, %	P	$\Delta(\Delta P)$, %
1,00	1,00	— 15	0	—100	1,00	— 29
0,95	1,05	— 11	0,33	— 47	1,11	— 21
0,90	1,11	— 5	0,48	— 23	1,24	— 12
0,85	1,17	100	0,62	100	1,40	100
0,80	1,25	+ 7	0,75	+ 21	1,56	+ 12
0,75	1,33	+ 14	0,88	+ 42	1,78	+ 27
0,70	1,43	+ 22	1,02	+ 65	2,04	+ 46
0,65	1,54	+ 32	1,20	+ 94	2,37	+ 69
0,60	1,66	+ 42	1,33	+115	2,80	+100
0,55	1,82	+ 56	1,52	+145	3,33	+138
0,50	2,00	+ 71	1,74	+181	4,00	+186

Faţă de curbele teoretice ale funcţiilor $\frac{1}{\cos\varphi}$ şi $\frac{1}{\cos^2\varphi}$ (la un cos φ neutru = 0,85), curba de bonificări-penalizări pentru factorul de putere, stabilită prin H.C.M. nr. 204/1960, se situează între aceste două curbe.

În diagramele alăturate sînt reprezentate curbele de bonificări-penalizări practicate în U.R.S.S., R.P.B. şi R.P. Polonă la datele cînd valoarea factorului de putere neutral în aceste ţări avea valoarea de 0,75, respectiv 0,85, în comparaţie cu curbele de penalizări-bonificări practicate în R.P.R. înainte şi după 1 ianuarie 1960 şi curbele teoretice $\frac{1}{\cos\varphi}$ şi $\frac{1}{\cos^2\varphi}$ exprimate în valori procentuale.



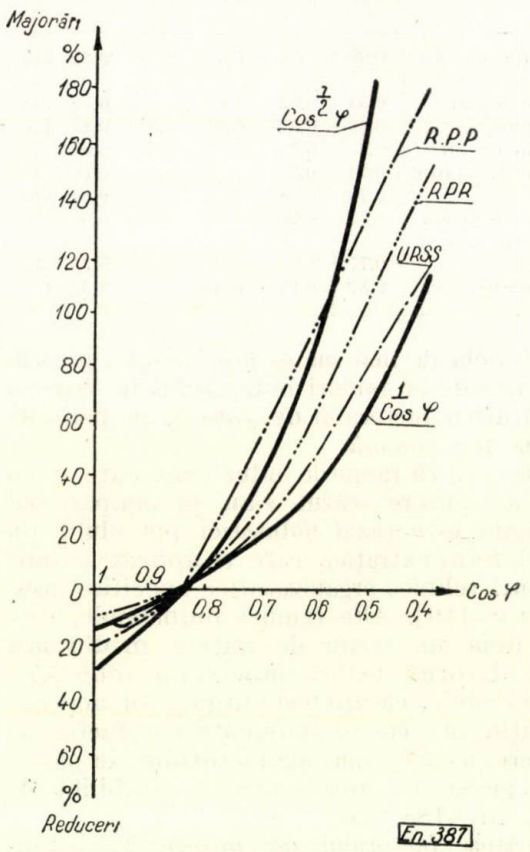


Fig. 1 şi 2. Variaţia procentuală a bonificărilor şi majorărilor în R.P.R., în comparaţie cu alte ţări şi cu curbele $\frac{1}{\cos\varphi}$ şi $\frac{1}{\cos^2\varphi}$ pentru o valoare a factorului de putere neutral de 0,75 şi 0,85.

Ca urmare a ridicării factorului de putere neutral la 0,85 de la 1 ianuarie 1960, valoarea factorului de putere mediu la consumatorii industriali, alimentați din rețelele M.M.E.E.—D.E.E., a crescut de la 0,82 la 0,86 la finele anului 1960 (adică o creștere de circa 5%) față de anul 1959.

Valorile medii obținute în diversele ramuri industriale la finele anului 1960, se prezintă astfel:

Ramura	cos φ		Realizat	Creștere % 1960/1959
	1959		1960	
Ind. petrolului	0,75		0,85	113
Ind. chimiei	0,83		0,85	103
Ind. cimentului	0,87		0,89	102
Ind. constr. mașini	0,82		0,87	106
Ind. textilă	0,81		0,86	106
Ind. hîrtie-celuloză	0,87		0,91	104
Ind. siderurgică	0,83		0,87	105

Din tabela de mai sus se observă preocuparea tuturor sectoarelor industriale de a ridica valoarea factorului de putere peste valoarea neutrală fixată la 0,85.

Ridicarea factorului de putere se datorește atît măsurilor naturale, care s-au mai putut lua, cît și montării de utilaj de compensare. Astfel puterea instalată în utilajul de compensare s-a ridicat în 1960 de 7,6 ori față de anul 1955.

Pentru ca să se ajungă la un factor de putere de minimum 0,90 în următorii 3—4 ani, este necesar să se monteze aproximativ o putere reactivă reprezentînd circa 54% față de puterea maximă activă absorbită la acea dată, procent dedus pe bază de calcul sau direct din diagramă [13], luînd în considerare un factor de putere mediu natural al tuturor instalațiilor consumatoare de circa 0,70.

4. Concluzii

Din cele expuse mai sus rezultă în mod clar că acțiunea îmbunătățirii factorului de putere a dat rezultate bune. Astfel în perioada 1956—1960, deși consumul de energie electrică a crescut de circa 2 ori, pe de o parte, iar pe de altă parte s-au dezvoltat rețelele electrice de transport și distribuție, totuși procentul pierderilor în rețele, ca urmare a îmbunătățirii factorului de putere, s-a redus de la 14,56% în 1956 la 11,75% în 1960.

Mergînd pe linia justă trasată prin toate documentele de partid în ceea ce privește economia de energie electrică în general și dînd viață Directivelor Congresului al III-lea al P.M.R. și Directivlor C.C. al P.M.R. cu privire la întrecerea socialistă în cinstea aniversării a 40 de ani de la înființarea P.C.R., referindu-ne la îmbunătățirea factorului de putere, în cadrul acțiunii de reducere a pierderilor de energie electrică se apreciază o creștere importantă a valorii factorului de putere în perioada pînă în 1965.

Pentru a obține și în viitor asemenea rezultate favorabile este necesar ca:

— marii consumatori industriali să se preocupe în continuare de ridicarea factorului de putere prin: folosirea tuturor mijloacelor naturale care mai sînt posibile de luat, procurarea și montarea utilajelor de compensare a energiei reactive, introducerea dispozitivelor automate de reglare în instalațiile de compensare, în funcție de nivelul tensiunii și de variația puterii active;

— întreprinderile de electricitate distribuitoare de energie electrică să treacă la folosirea condensatoarelor și compensatoarelor, atît în vederea producerii energiei reactive cît și pentru menținerea nivelelor de tensiune corespunzătoare în rețele; astfel, pe lîngă micșorarea transportului de energie reactivă prin rețelele electrice, să se asigure și parametrii corespunzători de tensiune la consumatori;

— industria electrotehnică va trebui să ia măsuri astfel ca să satisfacă cererile de utilaj pentru compensarea energiei reactive, asimilînd tipuri noi pentru diferite tensiuni și capacități cît mai mari;

— paralel cu acțiunile arătate mai sus, este necesar să se revizuiască prescripțiile în vigoare pentru proiectarea noilor instalații industriale, la care urmează să se prevadă de la început o funcționare cu un factor de putere de 0,9—0,95, de asemenea instrucțiunea pentru determinarea eficacității compensării energiei reactive — atît în ceea ce privește modul de calcul cît și asupra coeficienților utilizați (pierderile de energie activă în compensatoare, prețul energiei electrice, durata de amortizare etc.) [15] [18] [19].

Avînd în vedere rezultatele obținute pînă în prezent, se apreciază că menținerea regimului pentru factorul de putere pe bază de bonificări-penalizări a dat rezultate satisfăcătoare, deoarece prin acest regim se influențează direct asupra prețului de revenire al energiei electrice, și deci ca element de cost în prețul produselor industriale.

De altfel rezultate pozitive s-au obținut și în U.R.S.S. prin aplicarea sistemului de bonificări-penalizări atît în ceea ce privește raționalizarea consumului de energie electrică cît și la ridicarea valorii factorului de putere în întreprinderile industriale [16].

Menținerea regimului pentru factorul de putere și în viitor va conduce la ridicarea continuă a factorului de putere mediu, determinînd astfel realizarea de importante economii de energie electrică, respectiv combustibil, precum și economii de investiții în sectorul producerii, transportului și distribuției energiei electrice în R.P.R. [17].

Bibliografie

[1] Gh. Gheorghiu-Dej: *Raport la cel de-al III-lea Congres al Partidului Muncitoresc Romîn.*
[2] Petrescu Gh.: *Factorul de putere în rețelele electrice.* Editura tehnică 1957.
[3] Panaitescu G.: *Tarifarea energiei electrice în R.P.R.*, Energetică și hidroenergetică nr. 5, 1955, pag. 219—225.
[4] Budeanu C.: *Considerații științifice generale asupra problemei factorului de putere în instalații electrice.* Energetica nr. 8—9, 1953, pag. 54—66.
[5] * * *: *Despre folosirea rațională a energiei electrice în economia națională.* Pravda nr. 330, 26. XI. 1960.
[6] * * *: *H.C.M. nr. 188/1955 Colecția de hotărîri și dispoziții ale Consiliului de Miniștri* al R.P.R. nr. 11/22, febr. 1955.
[7] Mihailov: K. *Baza tehnico-economică a noului tarif pentru energia electrică*, Tehnika (R.P.B.) nr. 6/1956.
[8] * * *: *Studii și realizări electrotehnice*, Editura Institutul politehnic, Craiova 1957, pag. 9—27.
[9] Panaitescu G.: *„Să continuăm acțiunea de îmbunătățire a factorului de putere".* Tehnica nouă, VII, nr. 255/1960.
[10] Comănescu T.: *Măsuri tehnico-organizatorice pentru ameliorarea factorului de putere în instalațiile electrice.* Energetica nr. 1, II, ian. 1954.
[11] * * *: *Probleme și realizări electrotehnice.* Editura Întrep. poligrafice Craiova, 1956, pag. 11—24.
[12] * * * H.C.M. nr. 204/1960: *Colecția de hotărîri și dispoziții ale Consiliului de Miniștri* al R.P.R. nr. 9/9, martie 1960.
[13] Turan György: *Ameliorarea factorului de putere*, EES 1954, pag. 24—25.
[14] Konstantinov B. A., Sokolova K. I. Șuliateva G. N.: *Cum poate fi îmbunătățit factorul de putere în întreprinderile industriale*, Editura tehnică 1961, pag. 54—57.
[15] * * *: *Instrucțiunea nr. 58/1955 privind determinarea eficacității compensării puterii reactive.*
[16] Litvac L. B.: *Problemele ameliorării factorului de putere în întreprinderile industriale.* O.P.E.D.-1951.
[17] Cezar Parteni Antoni: *Studiu tehnico-economic pentru ameliorarea factorului de putere.* Studii și cercetări de energetică, III, 1953, pag. 195—221.
[18] Vladimir N.: *Unele precizări relative la definirea echivalentului energetic al puterii recative în cazul utilizării condensatoarelor statice*, Energetica nr. 3/1961, pag. 106—110.
[19] Mihăileanu C.: *Observații cu privire la lucrarea ing. Vladimir N.*, Energetica nr. 3/1961, p. 110—114.

DIN EXPLOATARE

Îmbunătățiri tehnice la instalațiile apei de adaos la centrala termoelectrică Fîntînele și efectul lor asupra pierderilor de apă

Ing. *I. NICOLEANU*

Apa de adaos la termocentrala „Steaua roșie"-Fîntînele a variat în cursul anilor de la darea în funcție (12.IV.1954) în limitele determinate de experiența colectivului de muncă în exploatare.

Astfel, deși centrala este de condensație pură cu mașini VK-25 și VK-50, termoficarea clădirilor industriale reprezentînd un consum sub 0,1% din energia termică produsă, totuși pierderile de condensat au ajuns în primii ani de funcționare la respectabila cifră de 7—8%.

Apa de adaos se prepară după schema coagulare, filtrare mecanică, două filtre Na- cationice inseriate, degazare la 1,2 ata și distilarea apei în vaporizatoare.

Cantitatea însemnată a apei de adaos se datora în primul rînd lipsei de experiență în exploatarea vaporizatoarelor, care erau supuse la un regim de purjări neplafonat științific, și în al doilea rînd pierderilor de abur și condensat prin purjele continue și intermitente, care se făceau în expandorul deschis (în atmosferă), și pierderile prin neetanșeități la conductele de apă și abur.

Prin introducerea unor instalații nou întîlnite în tehnica energetică mondială (în special în tehnica sovietică), am reușit să reducem pierderile de apă de adaos în jurul cifrei de 1% (ceea ce reprezintă peste 80% reducere față de consumul din media anului 1959).

Prima măsură a fost recuperarea purjelor continue cu ajutorul unui expandor racordat cu partea de abur la degazoarele de 6 ata, iar cu partea de apă la degazorul apei de adaos. Recuperarea integrală a purjelor continue a fost posibilă mai ales datorită salinității reduse a apei de cazan din treapta a II-a (Cl=100 mg/l) față de salinitatea apei epurate (Cl = 300mg/l care alimentează vaporizatoarele.

După expandor conținutul în cloruri al apei trimise în degazprul atmosferic nu depășea 180 mg/l.

Regimul purjelor continue ale cazanelor se regla manual cu ventile, în funcție de rezultatele obținute la analize chimice, care se efectuau din 4 în 4 ore. Cu asemenea reglaj nu se putea asigura un debit continuu și constant. De aceea s-a procedat la introducerea unei duze de $\varnothing = 0{,}5$ mm în fiecare conductă. S-a montat o sită în care s-au dat 10—20 de orificii de aceeași dimensiune pentru a evita înfundarea duzei.

Pentru că debitul apei de adaos furnizat de epurarea chimică s-a micșorat cu valoarea purjei continue și în urma altor măsuri arătate mai jos, se ajungea la un dezechilibru termic

în funcționarea degazorului atmosferic în momentul cînd se purjau simultan toate cazanele și în special cînd apăreau infiltrații în condensatorii mașinilor care măreau cantitatea purjelor continue la cazane.

Din cele peste 4 tone de apă introdusă în degazor se degajă circa 0,5 t/h abur. Concomitent cu purjările, era necesar să se dea și apă epurată chimic în cantități mai mari pentru răcire; paralel se închidea automat aburul prizei care alimenta degazorul atmosferic pentru a menține presiunea în degazor.

Pentru evacuarea acestei cantități de apă sporite din degazorul mic se impune ridicarea productivității vaporizatoarelor pînă la maximum, ceea ce duce la creșterea rapidă a nivelului în degazorii mari.

Deseori se întîmplă că din cauza nivelului mare în degazoare, eram siliți să reducem debitul vaporizatorilor și să purjăm în atmosferă cazanele.

Pentru reglementarea regimului de purjări continue și cu aceasta și a regimului instalațiilor de producere a distilatului de adaos, s-au defalcat orele de efectuare a analizelor chimice ale apei de cazan și purjările continue, în așa fel încît în același timp să nu se purjeze decît maximum două cazane.

Prin aceasta, s-a stabilit un regim de exploatare normală a degazorului atmosferic, a vaporizatorilor și a degazoarelor de 6 ata.

Datorită recuperării purjei continue de la cazane, introdusă în 1959, pierderile de apă condensată s-au redus cu 30%, adică cu 2% din producția sălii cazanelor (schema termică a expandorului și calculele sînt date în anexe).

După recuperarea purjei continue, pierderile de apă-abur constau din:

— purjele intermitente;
— pierderile prin neetanșeități și
— purjele vaporizatoarelor.

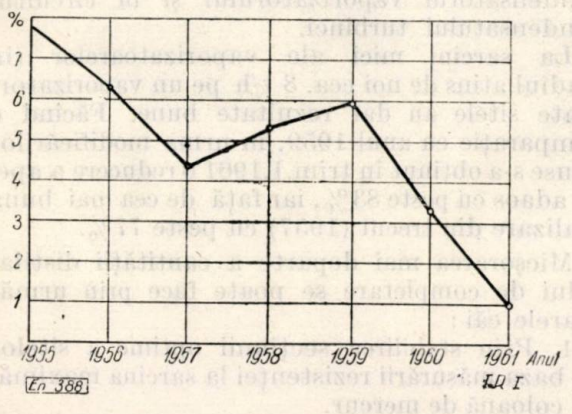


Fig. 1.

Purjele intermediare se fac relativ rar, efectul lor practic fiind redus. Mărimea lor este o cantitate neglijabilă.

Neetanșeitățile s-au rezolvat prin îmbunătățirea calității lucrărilor.

Purja vaporizatoarelor a rămas sursa principală de pierdere a apei de adaos.

Valoarea exagerată a purjei vaporizatoarelor avea următoarele explicații:

1. Purjarea se făcea manual și intermitent cu o vană ∅ 50, deci nu exista un control asupra cantității de apă purjată.

2. Era fixată conform proiectului o cifră de cloruri maxime de 2 000 mg/l fără a se da și o limită inferioară. De aceea personalul menținea valoarea clorurilor în leșia vaporizatorului sub 1 000 mg/l.

3. Sistemul de reglaj al nivelului Hanemann nu a dat rezultate practice, neputînd fi pus în funcțiune de durată. Creșterea nivelului în vaporizator era însoțită de antrenări de săruri ce întrec aburul produs, fapt care determină personalul de exploatare să utilizeze purja și pentru reglarea nivelului în corpul vaporizatorului.

Față de această situație s-a aplicat în primul rînd un sistem nou de reglaj cu coloană TKTI electromecanică, folosind plutitorul Hanemannului ca organ de impuls și menținînd ventilul de reglaj.

Coloana a suferit mici modificări pentru adaptare de la reglajul de presiune la reglajul de nivel.

În urma funcționării mulțumitoare la nivelul de proiect cu acest nou sistem de reglaj, a fost posibilă stabilirea limitei minime de cloruri în purje de 1500 mg/l (maximul rămînea cel recomandat de proiect) și aplicarea unor duze calibrate pe conducta de purjă a vaporizatoarelor pentru limitarea purjei la strictul necesar rezultat din bilanțul salin al vaporizatorului apa epurată de circa 300 mg/l clor, purja de circa 1 800 mg/l), ceea ce înseamnă maximum 1 t/h purjă la un vaporizator încărcat la nominal.

În urma acestor măsuri, apa de adaos a înregistrat o scădere cu încă 2% absolută, adică o reducere de 50% față de situația obținută după recuperarea purjei continue.

Un aport deosebit l-a adus introducerea unei instalații de spălare a aburului din vaporizatoare, combinată cu aplicarea noului sistem de reglaj al nivelului.

Instalația de spălare a aburului are scopul de a face posibilă producerea uni distilat pur din punct de vedere chimic (Cl = 0,03 mg/l), avînd totuși o apă cu concentrație mare în vaporizator, ceea ce înseamnă și o purjă redusă.

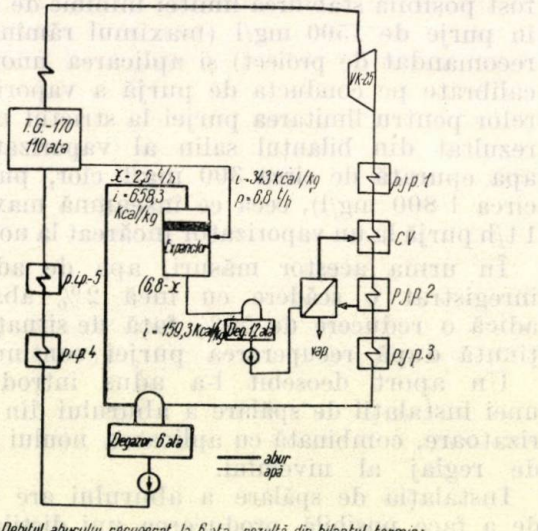
Această instalație a permis ridicarea salinității purjei de la Cl 2 000 la Cl 4 000 mg/l cu limita superioară atinsă și de 10 000 mg/l fără antrenări de săruri în distilat, ceea ce a însemnat reducerea purjei față de situație cu îmbunătățirile precedente cu încă 50%, ajungînd la valoarea de 1% din aburul de produs de cazane și cu perspectivă de micșorare.

Instalația este simplă, după model sovietic și funcționează în modul următor: (schema din anexa 3).

Apa epurată se introduce în vaporizator deasupra unei plăci continue metalice cu orificii de ⦰ 6 mm. La atingerea unui nivel de 6 cm apa deversează și este condusă prin 10 țevi verticale de 2″ dispuse pe marginea recipientului, sub oglinda apei de vaporizator (prelungite pînă aproape de partea interioară a recipientului). Aburul produs în vaporizator este silit (la creșterea presiunii sub sită) să treacă prin orificiul sitei și prin stratul de apă epurată. Pînă la nivelul sitei aburul antrenează spumă și picături de apă cu concentrația de peste 4 000 mg/l. Stratul de apă admis pe sită reține aceste antrenări.

Mai departe, aburul va antrena totuși picături din apa de spălare care are concentrație de 10 ori mai mică decît apa din corpul vaporizatorului și în măsură mai mică deasupra sitei de spălare, neputînd avea loc fenomenul de spumegare.

Pentru separarea acestor antrenări din abur se folosește un sistem de șicane dispus în drumul aburului deasupra sitei. Separarea are loc prin schimbarea bruscă a direcției fluxului de abur. Picăturile de apă din cauza inerției neputînd urmări drumul cotit al aburului se vor depune pe șicanele de tablă.



Debitul aburului recuperat la 6 ata, rezultă din bilanțul termic:

$$6,8 \cdot 343 + 658\,x + (6,8 - x)\,159,3$$

$$x = \frac{6,8\,(343 - 159,3)}{658,3 - 159,3} = 2,5\ t/h$$

Salinitatea apei rămasă după expandere pentru apa de cazan cu Cl = 100 mg/l

$$s_1 = \frac{6,8 \cdot 100}{6,8 - 2,5} = 158\ mg/l$$

Fig. 2.

S-au încercat site cu ∅ 4,5 și 6 mm. Cu sitele a căror secțiune era mai redusă se realizau viteze mari la trecerea aburului prin orificii pentru sarcina nominală a vaporizatorului.

La depășirea unei anumite rezistențe la sită, care întrece în valoare coloana de apă dintre oglinda apei și nivelul deversorilor, avea loc fenomenul de ridicare a apei de alimentare

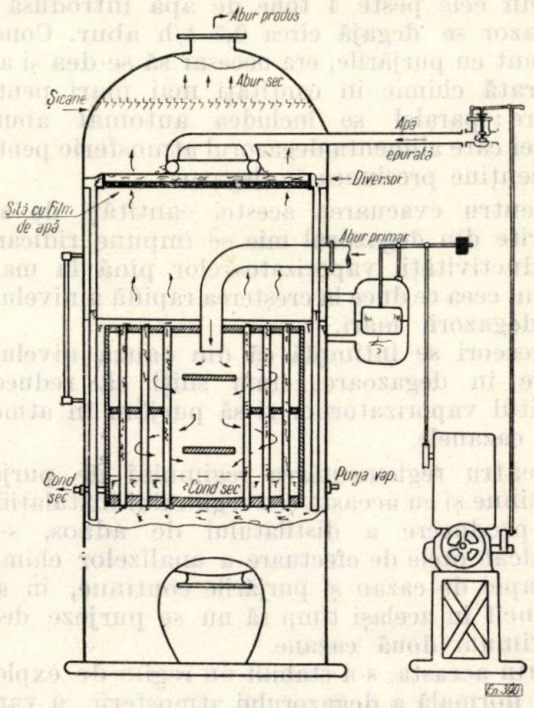


Fig. 3.

din corpul vaporizatorului în sită, prin țevile coborîtoare de la deversoare.

Astfel se ajungea la un nivel mare de apă pe sită și la o salinitate mărită a apei de spălare. Umplerea vaporizatorului pînă la refuz era accelerată și de regulatorul de nivel care în această perioadă, la scăderea nivelului în corpul vaporizatorului, deschidea complet ventilul de admisie a apei de alimentare. Rezultatul: antrenări masive de apă cu multe săruri în condensatorul vaporizatorului și în circuitul condensatului turbinei.

La sarcini mici ale vaporizatoarelor (în stadiul atins de noi cca. 3 t/h pe un vaporizator) toate sitele au dat rezultate bune. Făcînd o comparație cu anul 1959, în urma modificărilor aduse s-a obținut în trim.I.1961 o reducere a apei de adaos cu peste 83%, iar față de cea mai bună realizare din trecut (1957) cu peste 77%.

Micșorarea mai departe a cantității distilatului de completare se poate face prin următoarele căi:

1. Prin stabilirea secțiunii optime a sitelor pe baza măsurării rezistenței la sarcina maximă, cu coloană de mercur.

2. Prin coborîrea calei de impuls cu plutitor la nivelul optim (diferit de cel prevăzut în proiect) care permite ridicarea salinității în apa din vaporizator pînă la limite mai mari de 10 000 mg/l fără a înregistra antrenări. La

diapazonul actual de variații ale nivelului realizat de regulator, antrenările sînt mai ușor posibile.

3. Prin montarea a încă unei site deasupra celei existente, care să fie alimentată cu o cantitate mică de condensat (maximum 0,5 t/h), aceasta va permite ridicarea la o valoare și mai mare a salinității apei din vaporizator și la reducerea purjei.

În ultimă analiză, cantitatea apei de adaos epurată chimic va fi aproximativ egală cu purja vaporizatoarelor, iar producția vaporizatoarelor egală aproximativ cu purja continuă de la cazane.

Extinderea noului sistem de reglaj la toate vaporizatoarele și realizarea producerii distilatului de calitate în mod sigur și fără supraveghere permanentă vor putea avea ca efect extinderea zonei de deservire a mecanicului de la cota 0,00 a turboagregatului, la două grupuri.

ANEXA

Bilanțul termic al expandorului

Fiind cunoscute :

debitul purjei continue	6,8 t/h.
entalpia purjei continue	343 kcal/kg.
entalpia aburului expandat	658 kcal/kg.
entalpia apei după expandare	159,3 kcal/kg.

Notăm cu X debitul de abur recuperat în degazoarele mari. $6,8 - X$ debitul apei care se trimite în degazorul mic.

$$343 \cdot 6,8 = 658\ X + 159,3\ (6,8 - X)$$

$$X = \frac{6,8\,(343 - 159,3)}{658 - 159,3} = 2,5 \text{ t/h.}$$

$$6,8 - X = 4,3 \text{ t/h.}$$

În degazorul mic apa trimisă expandează la 1,2 ata — degazînd y t/h abur de 641 kcal/kg.

$$4,3\ \ 159,3 = y.641 + (4,3 - y)\ \ 102$$

$$y = \frac{4,3\,(159,3 - 102)}{641 - 102} = 0,45 \text{ t/h.}$$

Bilanț de săruri

La un conținut de cloruri în treptele II ale cazanelor de 100 mg/l.

Apa care rămîne în degazorul mic (3,85 t/h) va avea un conținut de cloruri care rezultă din bilanțul salin :

$$3,85\ \ S = 6,8.100$$

$$S = \frac{6,8 \cdot 100}{3,85} = 177 \text{ mg/l,}$$

față de 250—350 mg/l, cît are apa epurată chimic.

Defectoscopia prin fluorescență a fisurilor

Ing. *I. GROSZ* * și ing. *GR. IORGULESCU* **

În ultimii ani, metoda de control al fisurilor superficiale prin fluorescență ia o răspîndire din ce în ce mai largă. Metoda de control prin fluorescență se bazează pe proprietatea unor substanțe de a deveni fluorescente la iradierea cu lumină ultravioletă. Soluția fluorescentă adusă pe piesa controlată pătrunde în fisuri. După ce piesa se curăță superficial, aceasta este presărată cu substanțe absorbante, care se impregnează cu soluția fluorescentă ce persistă în fisuri. Prin expunere la raze ultraviolete se pun în evidență locurile defecte.

În afara determinărilor de laborator, metoda de control prin fluorescență a găsit o aplicare largă la controlul industrial al unor piese și organe de mașini.

Alături de defectoscopia magnetică, prin ultrasunete și cu raze Roentgen, defectoscopia prin fluorescență a pătruns în practica industrială, fiind în unele cazuri folosită cu exclusivitate [1].

* I.R.M.E.
** I.E.C. București.

I. Particularitățile defectoscopiei prin fluorescență

Proprietățile substanțelor fluorescente

Diferite substanțe organice și anorganice au proprietatea de a deveni fluorescente la iradierea cu lumina ultravioletă. În spectrul oscilațiilor electromagnetice, radiațiile ultraviolete se întind în domeniul 2 000—4 000 Å (1 angström corespunde la 10^{-8} cm). Spectrul vizibil de la violet la roșu este cuprins în zona 4 000—8 000 Å.

Sub influența razelor ultraviolete, invizibile cu ochiul liber, moleculele substanței iradiate sînt excitate și încep să lumineze în culori ce pot fi distinse cu ochiul liber. O asemenea formă de luminozitate se numește fotoluminiscență. În majoritatea cazurilor, durata fotoluminiscenței este foarte mică după oprirea razelor. O asemenea fotoluminiscență de scurtă durată se numește fluorescență.

Dacă corpul nu posedă nici o proprietate de luminescență, suprafața lui rămîne neagră.

Fiecare substanță fluorescentă are o colorație specifică. Intensitatea fluorescenței este maximă pentru o anumită lungime de undă a radiației și depinde de grosimea stratului fluorescent. Prezența luminii vizibile îngreunează perceperea fluorescenței. Doarece lămpile ultraviolete emit radiații pe benzi largi ce conțin și radiații vizibile, se folosesc filtre de lumină pentru punerea în evidență a substanței fluorescente. Observațiile sînt mult ușurate dacă se desfășoară pe întuneric sau în semiobscuritate.

În defectoscopie se pot folosi substanțe fluorescente lichide sau solide, totuși rezultatele obținute cu substanțele solide, folosite sub formă de pulbere, sînt mai puțin favorabile. Înlăturarea substanței în exces se face mai ușor la substanțele solide decît la cele lichide, totuși intensitatea fluorescenței este mai slabă și aplicarea pe locul cercetat este mai dificilă. Din aceste motive, în cazul fisurilor adînci și atunci cînd se dorește o finețe mare la determinări se folosesc cu preferință substanțele fluorescente lichide.

Substanțele lichide nu sînt fosforescente (nu au proprietatea de a fi luminiscente după iradiere); din acest motiv, în cazul folosirii acestor substanțe se va asigura iradierea în tot cursul determinărilor.

O mare parte din substanțele naturale și artificiale au proprietăți fluorescente, totuși fluorescența diferă ca intensitate și substanțele se comportă diferit în cazul iradierii cu radiații de aceeași frecvență. Substanțele chimice pure și cîțiva compuși simpli nu au proprietăți fluorescente, în schimb o serie de substanțe complexe prezintă o fluorescență remarcabilă.

Intensitatea fluorescenței poate scădea în cazul practicării anumitor adaosuri la substanțe de bază. În alte cazuri, prin aducerea unor substanțe activante, se obțin rezultate mult superioare.

În tabela 1 sînt redate însușirile substanțelor solide folosite în defectoscopie [1].

Substanțele fluide au avantajul unei penetrabilități bune în fisuri. Aceasta le asigură o folosire preferențială. Chiar și apa distilată prezintă fluorescență, totuși este indicată folosirea unor lichide cu penetrabilitate mai ridicată.

Cea mai bună penetrabilitate în fisuri o prezintă petrolul; amestecurile de petrol și de ulei mineral dau însă o fluorescență mai intensă.

Diferite firme au elaborat soluții fluorescente proprii, urmărind obținerea unei luminiscențe ridicate și avînd o culoare ușor de observat [2].

Modul de aplicare a metodei de control prin fluorescență

Procesul de control are următoarele faze:

1. *Curățirea prealabilă a pieselor controlate.* Piesele controlate se curăță în prealabil de grăsimi, uleiuri și rugină. Rugina slăbește intensitatea fluorescenței și poate masca fisurile. Curățirea de materii unsuroase se poate face prin introducerea în benzină a pieselor mici sau spălarea cu benzină a pieselor mari.

2. *Aplicarea soluției fluorescente pe piesă.* Piesele mici se introduc în baia conținînd substanța fluorescentă pe o durată de 10—15 min., eventual după o prealabilă preîncălzire la 50—60°. Piesele mari sînt unse cu pensula.

3. *Extragerea soluției din fisură.* Se îndepărtează soluția în exces de pe suprafață. Piesa se spală cu un jet puternic de apă, timp de 5—10 s și se usucă cu un curent de aer (2 — 3 at), eventual preîncălzit la 50—60°C. În caz de nevoie se pot folosi cîrpe de bumbac (curățirea va fi atentă și de scurtă durată).

Suprafața uscată se presară cu o substanță absorbantă (silicagel, talc, oxid de magneziu etc.). Piesa se ține presărată cu praf 5—30 minute.

Substanța absorbantă se ține într-o cutie ermetic închisă și după uscare poate fi refolosită.

4. *Punerea în evidență a fisurilor.* Surplusul de pulbere se îndepărtează prin scuturare sau suflare atentă. Piesa se iradiază cu lumină ultravioletă. Fisurile apar însemnate cu pulbere fluorescentă. Cu cît fisura este mai adîncă și mai lată, cu atît soluția apare mai repede la suprafață și fișia fluorescentă va fi mai groasă. Detectarea fisurilor se face pe întuneric. În caz de fisuri foarte fine, piesa cercetată poate fi controlată cu lupa.

Tabela 1

Substanțe fluorescente solide

Denumirea substanței	Activator	Culoarea fluorescenței	Domeniul optim de vizibilitate Å	Zona de excitabilitate Å
CaS	Mn	oranj	6000	sub 4200
CaS	Ni	roșu	7800	sub 4200
ZnS	Mn	verde-gălbui	5500	sub 4200
ZnS	Cu	albastru-verzui	5350	sub 4400
ZnS	Ag	violet	4200	sub 4400
ZnS	Bi	albastru-verzui	5200	sub 4400
ZnS	Curat	galben	4650	sub 4400
(Zn + Cd)S	Ag	toate culorile de la albastru la roșu pe măsura creșterii concentrației		
(Zn + Cd)S	Cu	idem	5900	sub 4600
Zn_2SiO_4	Mn	verde	5250	sub 2960
$CdSiO_3$	Mn	roz-gălbui	5630	sub 2960
$(ZnBe)SiO_4$	Mn	galben-alburiu	5950	sub 3000
$CaWO_4$	Pb	albastru	4400	sub 3000
$CaWO_4$	—	alb albăstrui		sub 3000
$MgWO_4$	—	alb albăstrui	4800	sub 3200
$CdBrO_4$	Mn	roz	6150	sub 3650
$ZnBrO_4$	Mn	roz sau verde		sub 3600
$MgSiO_4$	Mn	roșu		sub 2800
$CdZn(PO_4)$	Mn	roșu		sub 3000
Zn (S Se)		alb		sub 3000

Schema de principiu a procesului de control prin fluorescență este redată în figura 1.

Pentru iradierea cu lumină ultravioletă se folosesc lămpi portabile. Se pot folosi lămpile portabile Lium 1, Lium 2, cu arzătoare de cuarț PRK, SVDȘ. (U.R.S.S.), Elmed–U cu lămpi S (R.D.G.) sau de alt tip.

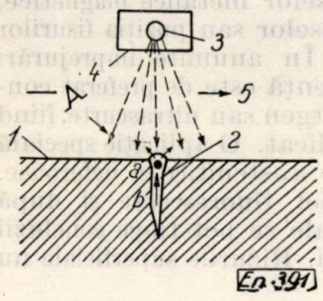


Fig. 1. Controlul defectoscopic prin fluorescență : *1* — obiectul cercetat ; *2* — fisura din obiect ; *3* — sursa de raze ultraviolete ; *4* — filtrul pentru reținerea radiațiilor luminoase ; *5* — fasciculul de raze ultraviolete ; *6* — ochiul observatorului.

Schemele de alimentare a lămpilor de cuarț folosite pentru generarea razelor ultraviolete sînt redate în figura 2.

Caracteristicile lămpilor din seriile PRK, SVDȘ, S sînt redate în tabela 2.

Tabela 2

Caracteristicile unor lămpi de cuarț

Tipul lămpii	Tensiunea rețelei V	Curentul de lucru A	Tensiunea la bornele lămpii V	Puterea consumată W
PRK 4	127/120	3,75±0,25	120±6	375±13
PRK 2	220	3,75±0,3	70±5	220±8
PRK 5	220	2,3 ±0,3	120±6	240±11
PRK 7	220	8,05±0,5	135±6	1000±40
SVDȘ–250	120 și 127	4,1 ±1,4	72±6	250
SVDȘ	220	11 ±1,0	100±5	1000
S – 250	220	3,4÷4,7	55÷75	cca. 220
S – 450	450	3,4÷4,1	105÷126	cca. 375

Durata medie de funcționare a unei lămpi PRK este de 900—1 000 h, a celor de tip SVDȘ fiind mai scurtă. Intensitatea maximă a radiațiilor emise se stabilește la mai multe minute de la punerea în funcțiune. Reaprinderea lămpilor este posibilă numai după răcirea lor la interval de 5—10 min de la stingere.

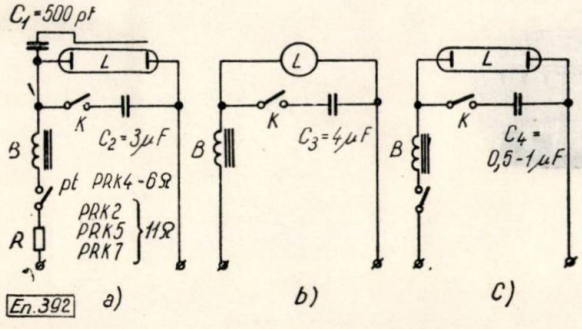


Fig. 2. Scheme de principiu pentru alimentarea lămpilor de cuarț cu vapori de mercur : *a* — schema pentru lămpile din seria PRK ; *b* — schema pentru lămpile din seria SVDȘ ; *c* — schema pentru lămpile din seria S ; C_1, C_2, C_3, C_4 — condensatoare ; *I* — întreruptoare ; *B* — bobina de șoc ; *L* — lămpile de cuarț.

Pentru reținerea radiațiilor luminoase se pot folosi filtre UFS-3, UFS-4 respectiv UG-4.

S-a experimentat cu rezultate bune folosirea lămpilor cu raze ultraviolete confecționate din balonul de cuarț al lămpilor fluorescente [3].

II. Controlul fisurilor la paletele turbinei de gaze de la T.C. Filaret prin metoda fluorescenței

În urma ruperii unei palete din rîndul 5 al turbinei de gaze de joasă presiune, s-a produs lovirea celorlalte palete din rînd, avînd ca rezultat îndoirea vîrfurilor acestora. Întrucît nu au existat decît un număr de 10 palete de rezervă, față de cele 85 din rînd, s-a pus problema recondiționării prin îndreptare a paletelor deteriorate.

Pentru a descoperi eventualele fisuri existente în palete se impunea un control defectoscopic amănunțit.

Controlul paletelor turbinelor se execută în mod obișnuit pe cale magnetică. Datorită faptului că paletele turbinei de gaze sînt excutate din oțel austenitic, această metodă nu putea fi aplicată în acest caz. Metoda de control prin Roentgen nu a dat rezultatele scontate din cauza formei complicate și lungimii paletelor. Această metodă fiind și foarte laborioasă controlul necesita un timp îndelungat. În scopul unei verificări operative s-a folosit metoda de control prin fluorescență.

Pentru stabilirea soluțiilor fluorescente și a substanțelor absorbante cele mai bune, precum și pentru precizarea metodei de lucru s-au făcut o serie de experiențe prealabile, folosind o duză de pulverizare fisurată, o serie de palete rebutate la feroflux și niște creuzete de porțelan cu fisuri fine.

S-au experimentat mai multe soluții fluorescente, cele mai bune rezultate obținîndu-se cu :

A.1. Petrol 50 %.
2. Ulei de transformator deschis 25 %.
3. Benzină 25 %.
4. Antracen (C 14 H 10) 50 mg/l.
Se obține o fluorescență albastră-violet.
B.1. Petrol 55 %.
2. Ulei de transformator 30 %.
3. Benzină 15 %.
Fluorescența soluției este albastră-verzuie.

S-au experimentat următoarele substanțe absorbante ; talc, oxid de magneziu, clorură de calciu și silicagel. Rezultatele cele mai bune s-au obținut cu pudră de silicagel. Silicagelul se pisează mărunt și se cerne printr-o sită fină. Pentru presărarea pieselor se folosește o cutie cu capacul găurit.

În urma probelor de laborator s-a stabilit procedura de lucru. La piesele de probă s-au putut pune în evidență fisuri foarte fine, care nu erau vizibile cu ochiul liber.

Operația de control al paletelor a fost organizată în serie. S-a preparat o cantitate de 20 l soluție fluorescentă, în care s-au introdus cîte 20 de palete odată, după curățirea lor prealabilă cu benzină. Piesele au fost menținute 10—15 minute în soluția fluorescentă, așezate pe grătare de lemn, transportate pentru îndepărtarea soluției în exces cu un jet de apă și șterse cu cîrpe uscate. Grătarele cu serii de cîte 10 palete au fost aduse în încăperea de control și presărate cu pudră de silicagel. După 20 de minute excesul de silicagel s-a îndepărtat prin suflare și s-a procedat la iradierea cu lumină ultravioletă.

S-a folosit o lampă portativă Elmed U cu arzător S-250 avînd un filtru UG-4 pentru reținerea luminii vizibile.

Paletele au fost presărate cu silicagel succesiv pe cele două fețe și controlate pe rînd. Cele 85 de palete au putut fi controlate în două ore. În cursul controlului s-a descoperit la una din palete o fisură în regiunea de bază, în zona în care s-a produs ruptura paletei avariate. Pentru a confirma eficacitatea controlului s-a amestecat de cîteva ori paleta fisurată cu celelalte palete, de fiecare dată fiind detectată la control.

Unele palete care au avut uzuri mai pronunțate au fost controlate amănunțit prin șlefuire și control cu microscopul.

Concluzii

Metoda de control al fisurilor prin fluorescență se pretează la controlul pieselor metalice, ceramice și plastice.

Alături de metoda magnetică permite efectuarea controlului pieselor metalice magnetice, fără ca însă forma pieselor sau poziția fisurilor să ducă la greutăți. În anumite împrejurări controlul prin fluorescență este de preferat controlului prin raze Roentgen sau ultrascurte, fiind și simplu și ușor de aplicat. O aplicație specială o are în cazul pieselor austenitice și neferoase.

După grosimea fișiei fluorescente și după rapiditatea apariției sale se pot trage concluzii asupra adîncimii fisurii. Rizurile superficiale nu sînt puse în evidență.

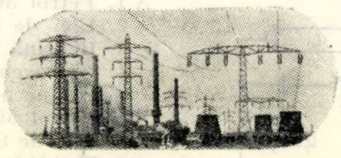
Pentru viitor se propune experimentarea controlului paletelor montate pe rotor, precum și a capelor generatoarelor.

Bibliografie

[1] Sokolov: *Defectoscopia materialelor*, Gosenergoizdat, 1957.

[2] Kariakin: *Defectoscopia prin luminiscență*, Oboronghiz, 1959

[3] Szekey L., Păian S.: *Folosirea soluției de fluoresceină și a lămpii cu raze ultraviolete pentru stabilirea, locurilor neetanșe la condensatoare*. Energetica, 8 (1960), nr. 11 (noiembrie), pag. 503.



MŰSZAKI KÖNYVTÁR-ORSZÁGOS 1883

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.317.8 : 63/64 (498)

Panaitescu G.: **Новые тарифные ставки для электроэнергии, расходуемой на освещение и бытовые нужды введен-ные в РНР.**

Energetica, *9* (1961) № 9, стр. 337 – 338

ДК 662.613.5 ; 621.311.23

Burducea C. и *Curelaru A.*: **Об отравлении атмосферы газами, эвакуированными дымовыми трубами ТЭЦ.**

В статье обсуждаются средства борьбы с отравлением атмосферы сернистым ангидридом и летучей золой, эвакуированными дымовыми трубами больших ТЭЦ, а также и факторы, обусловливающие это отравление.

Energetica, *9* (1961) № 9, стр. 339 – 350

ДК 621.311.22 : 662.613.5.003

Munteanu R.: **Меры против эрозии, вызванной угольной пылью и золой из дымовых газов.**

В статье описывается ряд неполадок, замеченных в линии питания и подготовки топлива, а также и в боровах ТЭЦ Парошень. Показаны меры по устранению этих неполадок.

Energetica, *9* (1961) №. 9, стр. 351 – 353

ДК 621.317.785.5/6 : 621.316.91.002

Mihai I., Cigusievici M., Donici S.: **Счетчик для записи числа включений разрядников с переменным сопротивлением.**

Описывется счетчик для записи числа включений разрядников с переменным сопротивлением, установленных на сетях высокого напряжения. Прибор был сконструирован в РНР на предприятии по модернизации и рационализации энергетических установок ИРМЕ и испытан в ИЧЕТ-е.

Energetica, *9* (1961) №. 9, стр. 354 – 358

ДК 621.311.24.002/004 (498)

Bernfeld D.; **Современная стадия и перспективы использования энергии ветра в Румынской Народной Республике.**

Вклад автора в разработку методологии ветроэнергетического кадастрирования и описание осуществленных и намечаемых в РНР ветроустановок.

Energetica, 9 (1961) № 9, стр. 358 – 371

ОБСУЖДЕНИЯ

ДК 621.311.22 : 621.187.12.004

Panaitescu G. и *Grăniceanu M.*: **Некоторые аспекты вопроса улучшения фактора мощности в РНР.**

В сдатье приводятся наиболее важные технико-экономические и технико-организационные аспекты, связанные с улучшением фактора мощности для больших промышленных потребителей.

Energetica, *9* (1961) № 9, стр. 372 – 378

С ПРОИЗВОДСТВА

ДК 621.311.22 : 621.187.12.004

Nicoleanu I.: **Технические улучшения на установке добавочной воды ТЭЦ Фынтынеле и их влияние на потери воды.**

Описываются меры по снижение добавочной воды в тепловой цепи ТЭЦ имени Красная Звезда в Фынтынеле.

Energetica, *9* (1961) №, 9 стр. 378 – 381

ДК 621.311.22 : 535.371.004.64

Grosz I. и *Iorgulescu Gr.*: **Дефектоскопия трещин флюоресценцией.**

В статье представлены вопросы дефектоскопии флюоресценцией трещин в деталях машин. Приведены результаты, полученные при профилактическом контроле, выполненном на газовой турбине ТЭЦ Филарет, при помощи метода, разработанного в ИРМЕ.

Energetica, *9* (1961) № 9, стр. 381 – 384

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621.317.8 : 63/34 (498)

Panaitescu G.: **Der neue rumänische Elektrizitätstarif für Licht und Haushalt.**

Energetica, *9* (1961) H. 9, S. 337 – 338

DK 662.613.5 : 621.311.23

Burducea C. und *Curelaru A.*: **Betrachtungen über die Vergiftung der Atmosphäre durch die Abgase aus den Schloten der Kraftstromzentralen.**

Der Aufsatz behandelt die Kampfmittel gegen die Vergiftung der Atmosphäre durch Schwefelbioxyd und Flugasche, die durch die Schlote der grossen Wärmekraftwerke entweichen, wie auch die Faktoren, die diese Vergiftung bedingen

Energetica, *9* (1961) H. 9, S. 339—350

DK 611.311.22 · 662.613.5.003

Munteanu R.: **Massnahmen gegen die, durch Kohlenstaub und der Asche der verbrannten Gase verursachten Erosion.**

Der Aufsatz beschreibt eine Reihe von Schäden, die in der Zuführung und Bereitung des Brennstoffs, sowie in den Ableitungskanälen der verbrannten Gase in Wärmekraftwerk Paroşeni aufgetaucht sind, wie auch die zu ihrer Vermeidung ergriffenen Massnahmen.

Energetica, *9* (1961) H. 9, S. 351 – 353

DK 621.317.785.5/6 : 621.316.91.002

Mihai I., Cigusievici M., Donici S.: **Zähler zum Registrieren der Funktions— anzahl der Entlader mit veränderlichern Widerstand.**

Der Aufsatz enthält die Beschreibung eines Zählers zum Registrieren der Funktionsanzahl der Entlader mit veränderlichem Widerstand, der in Hochspannungsnetzen montiert wird. Die Vorrichtung wurde bei uns im Land im Betrieb zur Modernisierung und Rationalisierung der energetischen Anlage (IRME) entwickelt und im Institut für elektrotechnische Forschungen erprobt.

Energetica, *9* (1961) H. 9, S. 354 – 358

DK 621.311.24.002/004(498)

Bernfeld D.: **Gegenwärtiger Stand und Aussichten der Windkraftnutzung in der Rumänischen Volksrepublik.**

Der Beitrag des Verfassers an der Ausarbeitung der Katastrierungsverfahren für energiewirtschaftlich ausnutzbare Windkraftquellen und Beschreibung der in der R.V.R. errichteten und empfohlenen Windkraftanlagen.

Energetica, 9 (1961) H. 9, S. 353 – 371

BESPRECHUNGEN

DK 621.316.727

Panaitescu G. und *Grăniceanu M.*: **Einige Aspekte in der Frage der Verbesserung des Kräftefaktors in der RVR.**

Im Aufsatz werden die wichtigsten technisch-wirtschaftliche und technisch-organisatorischen Aspekte im Zusammenhang mit der Verbess rung des Kraftfaktors bei den grossen Industrieabnehmern dargelegt.

Energetica, *9* (1961) H. 9, S. 372 – 378

AUS DEM BETRIEBSLEBEN

DK 621.311.22 : 621.187.12.004

Nicoleanu I.: **Technische Verbesserungen bei den Zusatz Wasser-Anlagen im Wärmekraftwerk Fintinele und ihre Wirkung auf dem Wasserverlust.**

Es werden die Massnahmen beschrieben die ergriffen wurden, um die Menge des Zusatzwasser im Wärmekreislauf des Wärmekraftwerks „Steaua Roşie" herabzusetzen.

Energetica, *9* (1961) H. 9, S. 378 – 381

DK 621.311.22 : 535.371.004.64.

Grosz I. und *Iorgulescu Gr.*: **Fluoreszenz—Werkstoffprüfung zum Feststellen der Risse.**

Die Verfasser behandeln die Probleme der Risse mit Hilfe des Fluoreszenzverfahrens in den Maschinenbestandteilen. Es werden die Ergebnisse gezeigt, die bei der vorbeugenden Kontrolle der Gasturbinen im Wärmekraftwerk Filaret mit Hilfe des im IRME entwickelten Verfahrens erzielt wurden.

Energetica, *9* (1961) H. 9, S. 381 – 384

SOMMAIRE

CD 621.317.8 : 63/64 (498)

Panaitescu G. : **Le nouveau tarif électrique roumain pour l'éclairage et l'usage domestibue.**

Energetica, *9* (1961) No. 9, p. 337–338

CD 662.613.5 :621.311.23

Burducea C. et *Curelaru A.* : **Considérations sur la pollution atmosphérique produite par les gaz évacués par les cheminées des centrales électriques.**

L'article traite : des moyens de lutte contre la pollution atmosphérique produite par l'anhydride sulfureux et l'escarbille évacués par la cheminée des grandes usines thermoélectriques, ainsi que des facteurs dont dépend cette pollution.

Energetica, *9* (1961) No. 9, p. 339–350

CD 621.311.22 : 662.613.5.003

Munteanu R. : **Mesures contre l'érosion provoquée par le poussier de charbon et par les cendres des gaz brulés.**

L'auteur décrit une série de défectivités apparues dans le circuit d'alimentation et de préparation du combustible, ainsi que dans les canaux d'échappement des gaz de combustion à la Centrale thermoélectrique Paroşeni, de mème que les mesures que l'on a prises en vue d'y porter remède.

Energetica, *9* (1961) No. 9, p. 351–353

CD 621.317.785.5/6 : 621.316.91.002

I. Mihai, Cigusievici N., Donici S. : **Un compteur à enregistrer le nombre des fonctionnements des appareils de délestage, à résistance variable, montés sur les réseaux à haute tension.**

Cet appareil a été réalisé dans la République Populaire Roumaine dans le cadre de l'IRME (Entreprise pour la Rationalisation et Modernisation des Installations Energétiques) et mis à l'essai à l'Institut des Recherches Electrotechniques ICET.

Energetica, *9* (1961) No. 9, p. 354–358

CD 621.311.24.002/004 (498)

Bernfeld, D. : **Le stade actuel et les perspectives d'utilisation de l'énergie éolienne dans la République Populaire Roumaine.**

L'article offre la contribution de l'auteur aux méthodes de cadastrage du potentiel éolien. Il décrit aussi les aggrégats éoliens réalisés ou dont on prévoit la réalisation prochaine dans la République Populaire Roumaine.

Energetica, *9*(1961) No. 9, p. 358–371

DISCUSSIONS

CD 621.316.727

Panaitescu Gh. et *Grăniceanu M.* : **Quelques aspects du problème de l'amélioration du facteur de puissance dans la République Populaire Roumaine.**

Dans cet article on expose les aspects techniques-économiques et techniques-d'organisation les plus importants se rattachant à l'amélioration du facteur de puissance chez les grands abonnés industriels.

Energetica, *9* (1961) No. 9, p. 372–378

NOUVELLES DE NOS EXPLOITATIONS

CD 621.311.22 : 621.187.12.004

Nicoleanu I. : **Perfectionnements techniques apportés aux instalations de l'eau d'addition à la Centrale thermoélectrique Fintînele et leur influence sur les pertes d'eau.**

L'auteur décrit les mesures prises afin de réduire l'eau d'addition dans le circuit thermique de la Centrale thermoélectrique „Steaua Roşie", Fintînele.

Energetica, *9* (1961) No. 9, p. 378–381

CD 621.311.22 : 535.371.004.64

Grosz I. et *Iorgulescu Gr.* : **La défectoscopie, par la fluorescence, des fissures.**

L'article traite des problèmes de la défectoscopie, par la fluorescence, des fissures dans les pièces et les organes de machine. On présente les résultats obtenus au controle préventif effectué à la turbine à gaz de la Centrale thermoélectrique Filaret, à l'aide de cette méthode, mise au point dans le cadre de l'Entreprise pour la Rationalisation et Modernisation des installations Electrotechniques I.R.M.E.

Energetica, *9* (1961) No. 9, p. 381–384

CONTENTS

DC 621.317.8 : 63/64 (498)

Panaitescu G. : **The new roumanian electricity tariff for illumination and domestical appliance.**

Energetica, *9* (1961) No. 9, p. 337–338

DC 662.613.5 : 621.311.23

Burducea C. and *Curelaru A.* : **Some considerations on the pollution of atmosphere by means of gas exhausted through the chimneys of power stations**

This paper discusses the means of preventing the pollution of atmosphere due to sulphur dioxide and flying ashes exhausted through the chimneys of large thermo-electric power stations. The factors affecting this pollution are also analysed.

Energetica, *9* (1961) No. 9, p. 339–359

DC 621.311.22 : 662.613.5.003

Munteanu R. : **Some measures against the erosions caused by the coal dust and burnt gas ash.**

This paper describes a series of deficiencies occurred in the fuel feeding and preparation circuit as well as in burnt gas canals, at the Paroşeni thermo-electric power station, including the steps taken in order to overcome these drawbacks.

Energetica, *9* (1961) No. 9, p. 351–353

DC 621.317.785.5/6 : 621.316.91.002

Mihai I., Cigusievici M., Donici S. : **A meter for recording the number of workings in dischargers of variable resistance**

The description is given of a meter used for recording the number of workings in dischargers of variable resistance set up in high tension networks. This apparatus has been achieved in our country, within the framework of the Enterprise for the Modernisation and Rationalization of Power Equipment (I.R.M.E.) and tested at the Electro-technical Research Institute.

Energetica, *9* (1961) No. 9, p. 354–358

DC 621.311.24.002/004 (498)

Bernfeld, D. : **The actual condition and the prospects of using wind power in the Roumanian People's Republic.**

The article presents the author's contribution to the methods of registering wind potential. It continues by a description of the realised or about to be realised wind powered engines in the Roumanian Peoples's Republic.

Energetica, 9 (1961) nr. 10, p. 358–371

DISCUSSIONS

DC 621.316.727

Panaitescu Gh. and *Grăniceanu M.* : **Some aspects concerning the problem of improving the power factor in the R.P.R.**

The most important technical, economic and organizational aspects connected with the improvement of power factors in the case of the great industrial consumers are shown.

Energetica, *9* (1961) No. 9, p. 372–378

OPERATION FEATURES

DC 621.311.22 : 621.187.12.004

Nicoleanu I. : **Technical improvements in addition water installations at the Fintînele thermo-electric power station and their effect on water losses.**

The steps taken in order to reduce the addition water in the thermic circuit of the „Steaua Roşie" — Fintînele thermo-electric power station are pointed out.

Energetica, *9* (1961) No. 9, p. 378–381

DC 621.311.22 : 535.371 004.64

Grosz I. and *Iorgulescu Gh.* : **Crack defectoscopy by means of fluorescence.**

This paper deals with problems relating to the defectoscopy by means of fluorescence applied to cracks occurring in machine pieces and parts. The authors present the results obtained from the application of the method perfected by the I.R.M.E., on the occasion of a preventive control carried out at the gas turbine of Filaret thermo-electric power station.

Energetica, *9* (No. 9, p. 381–384

(Urmare de pe coperta a II-a)

2.2.3. *Dezvoltările matematice* vor fi limitate la cele absolut necesare înțelegerii raționamentului matematic. Este suficientă, în general, punerea în ecuație și indicarea rezultatelor. Pentru demonstrații se vor alcătui anexe (v. pct. 2.1.7).

2.2.4. *Tabelele* se vor folosi în cazul cînd date numerice importante nu pot fi reprezentate grafic satisfăcător. Nu se admite folosirea concomitentă a datelor numerice sub formă de tabelă și diagramă. Tabelele vor fi referite în text și se va indica sursa lor.

2.2.5. *Materialul grafic ilustrativ* (figuri, fotografii) va permite reprezentarea clară și intuitivă a unor idei, puncte de vedere. Ele trebuie să completeze expunerea din text și vor fi referite cu grijă în text, indicîndu-se sursa lor.

2.2.6. ***Sistematizarea și numerotarea*** capitolelor se va face cu grijă, evitîndu-se excese. Se recomandă utilizarea sistemului zecimal.

2.3. Forma exterioară a lucrării

2.3.1. *Terminologie, mărimi și unități.* Se recomandă a fi conforme cu normele internaționale și STAS-urile în vigoare.

2.3.2. *Scrierea formulelor.* Se recomandă o atenție deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii și exponenții se vor scrie mai mici decît baza și așezați mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grijă literele majuscule, minuscule sau cele ruseşti, romane, greceşti, germane etc. Numerotarea formulelor se va face în dreapta, în paranteze rotunde.

2.3.3. *Figurile* trebuie executate unitar și rațional. Ele vor fi numerotate în continuare. Fotografiile vor fi pe hîrtie strălucitoare alb-negru. Explicația figurilor se va face pe o pagină separată.

2.3.4. *Notele* din text se numerotează în continuare.

2.3.5. *Citarea* literaturii în text se face prin simpla indicare a poziției lucrării din cadrul listei bibliografice, în paranteze drepte, fără alte menționi.

2.3.6. *Lista bibliografică* se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cît și figuri sau tabele), speciale cît și cele generale. Se vor indica toate datele în transcripții originale. Pentru cărți: numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet (eventual și tradus, în paranteze), ediția, editorul, locul editării, anul. Pentru articole: numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet original (eventual și tradus, în paranteze), revista, tomul, anul, numărul, pagina.

2.3.7. *Scrisul la mașină* al articolelor este recomandat cu insistență, exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic. Se scrie pe o singură față, la două rînduri (2 000 semne pe pagină). În partea stîngă a foii se lasă o margine de 5 cm.

2.3.8. *Paginația* se face în continuare. Se recomandă un volum de 10—12 pagini pentru articole.

2.3.9. *Expedierea.* Lucrările (în dublu exemplar) vor fi prinse cu agrafe. Manuscrisul se expediază cu paginile întinse format A_4 și cu plicul conținînd materialul grafic-ilustrativ anexat.

3. RELAȚII CU REDACȚIA

3.1. Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicații.

3.2. Articolele se trimit cu o notă însoțitoare pe adresa redacției. În notă se vor indica: titluri academice, funcțiuni, localitatea și adresa domiciliului, nr. de telefon.

3.3. Lucrările executate în cadrul diverselor instituții sau organizații vor purta aprobarea acestora de publicare.

3.4. Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare.

3.5. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 de ore de la primire. Nu se admit modificări esențiale față de manuscris. Modificări importante ale manuscrisului cad în sarcina autorului.

CARL ZEISS JENA

Odinioară şi acum

Aparate tehnice de cea mai înaltă precizie pentru măsurări fine

Aparate mecanice de măsurat lungimi şi filete

Aparate mecanico-optice de măsurat lungimi, filete şi profile

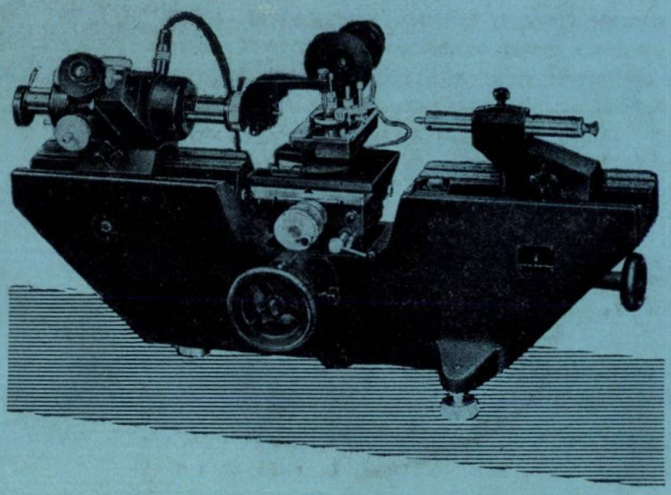
Aparate de măsurat roţi dinţate, alinieri, unghiuri şi diviziuni

Aparate pentru proiectarea profilelor, aparate de măsură şi comandă

Microscoape de interferenţă

Comparatoare de interferenţă

Măsuri finale paralele

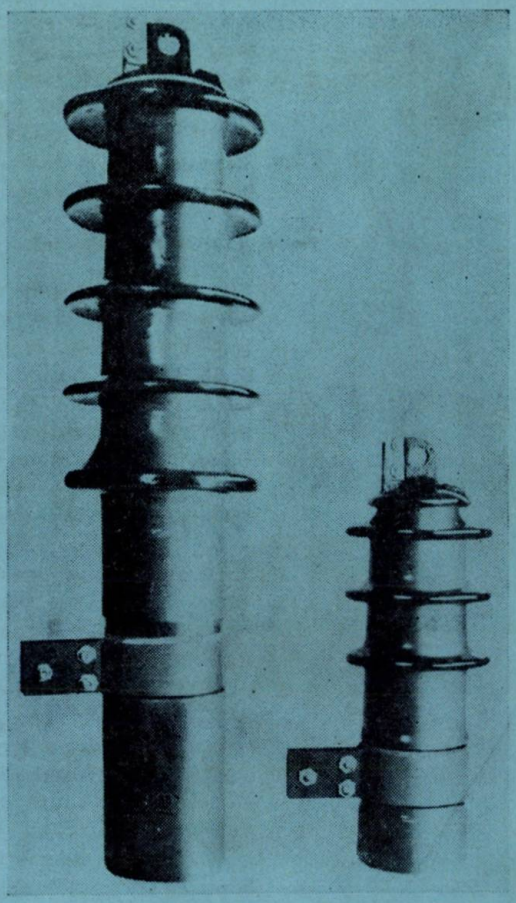


Vă ţinem bucuros la dispoziţie imprimate cu explicaţiuni detaliate pentru diferitele aparate.

VEB Carl Zeiss JENA

REPUBLICA DEMOCRATĂ GERMANĂ

Securitate garantată



PARATRĂZNET de tip GZ

cu rezistenţă variabilă pentru tensiune nominală pînă la 110 kV şi curent de descărcare nominal pînă la 10 kA

CATALOAGE ŞI PROSPECTE LA CEREBE

EXPORTATOR EXCLUSIV:

"Elektrim"

SOCIETATE POLONEZĂ CU RESPONSABILITATE LIMITATĂ PENTRU COMERŢUL EXTERIOR DE ECHIPAMENT ELECTRIC

VARŞOVIA II, Czackiego 15/17 POLONIA
Telefon 6-62-71 Telex.: 10415
Adresa telegrafică: ELEKTRIM—WARSZAWA
Cutia Poştală 254

I. P. 2, c. 3079

LEI 5

E 2039

KAT

R

ENERGETICA

10

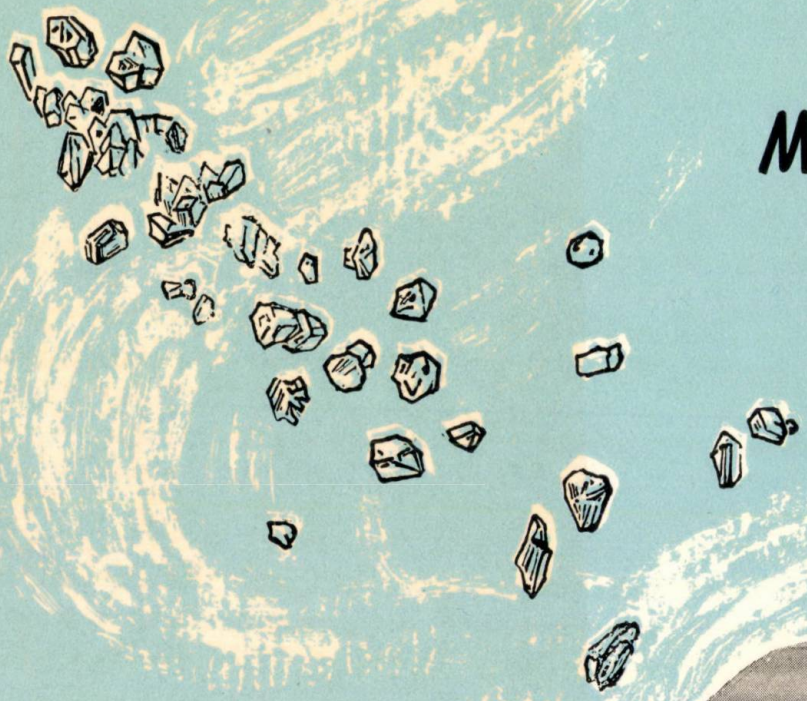
Energetica — Vol. 9 — octombrie

nr. 10/1961 — p. 385-420 — București

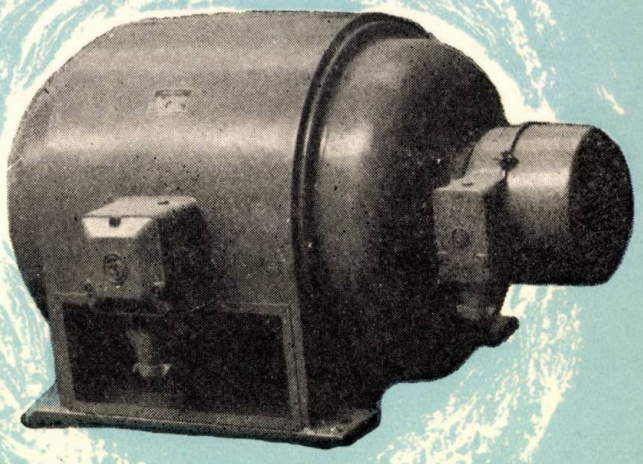
1961

Silicagel

SiO_2 AMORF



Mijloc ideal de uscare și conservare



Pentru orice fel de materiale

Mașini și aparate de precizie,
Textile, Pielărie, Alimente etc.
Expuse degradării prin umezeală
Apără de rugină, mucegăire, putrezire
și alte efecte dăunătoare
provocate de umiditate.
Se poate regenera ușor prin simpla
încălzire fără pierdere.

UPSOM

PRODUS AL UZINELOR DE PRODUSE SODICE OCNA MUREȘ

MŰSZAKI KÖNYVTÁR · BUDAPEST · 1883

ENERGETICA

ANUL 9 Nr. 10 OCTOMBRIE 1961

CUPRINS

CZ 662.61 : 620.9.004

Perussi P. : **Prăjirea piritelor în strat fluidizat — exemplu de proces energotehnologic.**

Se prezintă caracteristicile prăjirii piritelor în pat fluidizat ca exemplificare a aplicării concepţiilor energotehnologice. Se analizează cîteva din problemele ridicate de elementele constructive ale instalaţiei precum şi aspecte tehnico-economice

Energetica 9 (1961) nr. 10, p. 385–388

CZ 662.64/66.004

Secară Gh. şi Zamfir V. : **Experimentări şi rezultate privind valorificarea energetică a unor cărbuni indigeni locali.**

Pentru rezolvarea problemei arderii cărbunilor inferiori la cazanele mici existente şi viitoare, autorii au făcut o serie de încercări ale căror rezultate sînt arătate, însoţite de interpretări.

Energetica 9 (1961) nr. 10, p. 389—396

CZ 621.181 : 662.642 : 662.932

Pănoiu N., Carabogdan I., Singer G., Schwartz M. şi Petcu M. : **Cazanul de 10 t/h pe lignit, echipat cu grătar cu împingere răsturnată.**

Se prezintă cazanul de 10 t/h echipat cu grătar cu împingere răsturnată pentru lignit şi se dau în continuare rezultatele unor încercări de ardere.

Energetica 9 (1961), nr. 10, p. 396–402

CZ 621.181 : 662.642 : 662.932

Vlad Al. : **O lucrare de reţea electrică subterană pe munte.**

Articolul conţine o descriere detaliată a pozării unui cablu subteran de 10 kV cu izolaţie uscată, într-o zonă muntoasă greu accesibilă şi cu diferenţă mare de nivel între cele două capete ale traseului.

Energetica 9 (1961) nr. 10, p. 402—408

CZ 621.316.11.001.24 : 621.316.1.064.1

Stein M. şi Penescu M. : **Determinarea parametrilor unei reţele funcţionînd cu neutrul izolat sau tratat prin bobină de stingere, în cazul unui defect monofazat la pămînt.**

În articol se examinează funcţionarea reţelei cu un defect monofazat la pămînt, cu ajutorul unei construcţii grafice.

Energetica 9 (1961), nr. 10, p. 408–412

DIN EXPLOATARE

CZ 621.311.22 : 621.186.620.191.004.4

Hercz G. : **Metodele de protecţie anticorosivă la temperaturi înalte a ţevilor din oţel carbon aplicate la CTE Aghireş.**

Energetica 9 (1961) nr. 10, p. 413–415

CZ 621.316.72 : 621.385.8

Racoveanu C. : **Dispozitiv electronic pentru reglare „RC-1" ataşabil punţilor şi potenţiometrelor automate.**

Energetica 9 (1961) nr. 10, p. 416–417

RECENZIE

DOCUMENTARE

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. ing. **I. D. STĂNCESCU**, redactor responsabil, conf. ing. **C. MIHAILEANU**, redactor responsabil adjunct, conf. ing. **I. A. BADEA**, prof. ing. **M. BERCOVICI**, membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, ing **M. COGĂLNICEANU**, conf. ing. **E. CONSTANTINESCU**, ing. **P. DIMO**, laureat al Premiului de Stat, prof. ing. **C. DINCULESCU**, membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. **I. V. HERESCU**, conf. ing. **N. MOLDOVEANU**, prof. ing. **C. PENESCU**, ing. **T. POPA**, ing. **S. SĂNDULESCU** și ing. **P. VICOL**

Revista **„ENERGETICA"**, organ al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. și al Ministerului Industriei Minelor și Energiei Electrice. Redacția și administrația: București, Str. Ion Ghica Nr. 3 Raion Tudor Vladimirescu, Telefon 14.15.95—14.06.24. Revista este editată de A.S.I.T. — Abonamentele se primesc la administrația revistei, la sediul filialelor A.S.I.T. din întreaga țară și prin responsabilii cu presa din cercurile A.S.I.T. — Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinete tehnice în contul nostru de viramant: Publicațiile Tehnice A.S.I.T. 070124 B.R.P.R. Filiala I. V. Stalin — București — Tarif pentru întreprinderi: lei 100 anual. Tarif pentru muncitori, tehnicieni și ingineri: lei 30 anual — Prețul unui exemplar: lei 5 — Tiparul: Întreprinderea Poligrafică Nr. 2, București, c. 3484

ENERGETICA

ANUL 9
1961
Nr. 10
OCTOMBRIE

ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R. ŞI AL MINISTERULUI MINELOR ŞI ENERGIEI ELECTRICE

MŰSZAKI KÖNYVTÁR ÓRSZÁGOS 1883

Prăjirea piritelor în strat fluidizat — exemplu de proces energotehnologic

Ing. *PETRU PERUSSI*

Importanţa cantitativă a căldurii-deşeu rezultată într-o serie de procese tehnologice din industrie a pus de multă vreme problema utilizării ei.

Recuperarea energiei secundare, fie în scopuri tehnologice — preîncălzirea aerului de combustie sau a gazelor combustibile — fie în scopuri energetice — producere de abur sau apă caldă — a fost aplicată cu succes, în unele cazuri ajungîndu-se la cîteva soluţii ce pot fi considerate clasice. Se pot cita astfel cowperele furnalelor, regeneratoarele şi cazanele recuperatoare ale cuptoarelor Siemens-Martin. Linia progresului tehnic se îndreaptă în acest domeniu, pe de o parte, către perfecţionarea agregatelor utilizatoare şi ridicarea potenţialului energiei produse, pe de altă parte către extinderea aplicării recuperării căldurii la noi procese tehnologice.

Răcirea prin evaporare a scheletului şi a uşilor cuptoarelor metalurgice, răcirea uscată a cocsului, utilizarea căldurii zgurilor lichide sînt cîteva din problemele a căror rezolvare satisfăcătoare la scară industrială este aşteptată în viitorul apropiat.

Dezvoltarea concepţiilor energetice pe linia aplicării tehnicii noi impune însă reconsiderarea generală a problemei energiei secundare. În acest sens procesul tehnologic de producţie şi cel energetic de utilizare a căldurii sînt considerate unitar. Instalaţia de recuperare încetează de a fi o anexă a secţiei de fabricaţie, se integrează în aceasta. Unitatea rezultată este concepută, realizată şi exploatată ca o sursă concomitentă de produse tehnologice şi energie.

Un exemplu concludent de aplicare a concepţiei energotehnologice îl constituie secţiile moderne de prăjire a piritei în fabricile de acid sulfuric. Prăjirea în pat fluidizat după schema B A S F sau variantele ei permite obţinerea simultană a bioxidului de sulf, a totalităţii energiei termice şi a trei pătrimi din energia electrică necesară fabricii.

Instalaţii de acest tip sînt în curs de realizare în R.P.R., ceea ce permite deducerea unor rezultate experimentale la scară industrială. În cele ce urmează se prezintă procedeul de prăjire a piritei în pat fluidizat, din punctul de vedere al componenţei secţiei, precum şi cîteva din problemele pe care le ridică elementele constitutive. Articolul va insista mai mult asupra aspectelor energetice.

Utilajul de bază al secţiei de prăjire poate fi grupat în trei mari unităţi : cuptorul de prăjire, răcitorul de gaze şi sistemul de desprăfuire. Primele două au funcţie energotehnologică, al treilea funcţie exclusiv tehnologică. Materia primă o constituie pirita concasată sau flotată cu un conţinut de sulf de 25—45%. Printr-un sistem de benzi şi alimentatoare, ea este introdusă în cuptorul de prăjire.

Cuptorul de prăjire

Cuptorul de prăjire este alcătuit dintr-un corp cilindric vertical din cărămidă refractară, îmbrăcat spre exterior cu o cămaşă metalică. Aerul de combustie şi formare a patului fluidizat se introduce la partea inferioară cu ajutorul unei suflante şi este distribuit printr-un sistem de bare sau ciuperci. Alimentarea cu pirită se face la partea superioară a corpului cilindric, iar evacuarea cenuşii prin preaplin lateral sau pe la partea inferioară.

Considerente tehnologice legate de controlul arderii şi de posibilitatea decuprării ulterioare a cenuşii impun temperaturi de ardere în pat în jur de 800°C. Pentru evacuarea excesului de căldură, se imersează în pat ţevi de răcire, cu rol de primă suprafaţă de vaporizare pentru producerea aburului energetic. Transmiterea de căldură la ţevile de răcire este deosebit de intensă, în condiţiile instalaţiilor actuale aceste ţevi producînd 50—60% din debitul de căldură livrat.

Coeficientul de transfer caloric creşte în raport cu viteza aerului, avînd o valoare maximă după apariţia fluidizării şi care scade ulterior pentru stratul diluat. În stadiul actual al cunoştinţelor, relaţiile de calcul sînt încă imprecise.

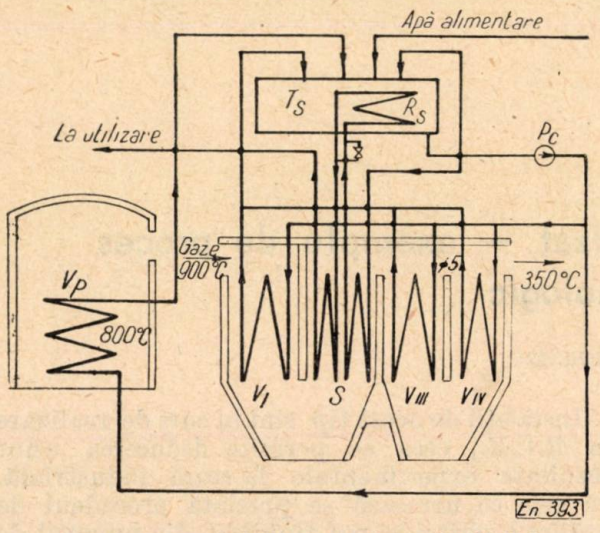


Fig. 1. Schema părţii energetice a instalaţiei de prăjire a piritei :

V_p — suprafaţa vaporizatoare în patul fluidizat ; V_I, V_{II}, V_{III} — suprafeţe vaporizatoare în cazanul recuperator ; S — supraîncălzitor ; T_s — tambur separator ; R_s — regulator de supraîncălzire ; P_c — pompă de circulaţie ; S_R — registru de reglare.

Informativ, pentru punerea în evidenţă a parametrilor, indicăm relaţia lui Chin Yung Wen şi Leva :

$$\frac{\alpha D_p}{\lambda} = 3{,}75 \left[\frac{D_p G_{mf}}{\eta g} \lg \frac{v}{v_{mf}} \right]^{0.47},$$

în care :

- α este coeficientul mediu de transfer caloric, în kcal//m²h°C ;
- D_p — diametrul mediu al particulei, în μ ;
- λ — conductibilitatea termică a aerului, în kcal/mh°C ;
- G_{mf} — viteza gravimetrică la luidizare incipientă, după Leva ;
- η — viscozitatea aerului, în kgfs/m² ;
- g — acceleraţia gravităţii, în m/s² ;
- v — viteza gazului în secţiunea liberă, m/s ;
- v_{mf} — viteza gazului la fluidizarea incipientă, m/s.

Datele experimentale ale institutului GHI PROŢVETMET indică ca acceptabilă valoarea coeficientului de transfer al căldurii 210 kcal/m² h °C.

Analizînd comportarea materialului în cuptor după faza fluidizată, se constată,atît prin cercetare teoretică cît şi prin rezultatele experimentale, o masivă antrenare de particule în gazele arse. Pentru cazul utilizării piritei flotate,antrenarea cenuşii poate atinge 90%. În scopul evitării formării, după ieşirea din cuptor, a trioxidului de sulf, implicit a corodării intense a instalaţiei, se urmăreşte ridicarea temperaturii gazelor după trecerea prin patul fluidizat, rezultat ce se obţine permiţînd antrenarea cu gazele a circa 10% din pirită, care va arde deasupra patului.

La o durată de rămînere a gazului în cuptor de 7 secunde şi în condiţiile de mai sus, temperatura gazelor la ieşirea din cuptor este de circa 900 °C.

Pentru asigurarea unei productivităţi maxime a instalaţiei, condiţionată de menţinerea constantă a parametrilor optimi, se preconizează automatizarea funcţionării, bazată pe următoarele principii :

a) debitul de alimentare a piritei este reglat în funcţie de temperatura stratului, care se menţine constantă cu o variaţie de±15° pentru a se evita sinterizarea piritei ;

b) se înregistrează conţinutul de bioxid de sulf, măsurat prin metode conductometric ;

c) se controlează procentul de oxigen în gazele de ardere, care nu trebuie să depăşească 0,5% ;

d) controlul fluidizării se face cu manometre diferenţiale, care înregistrează pierderea de presiune în strat şi sistemul de distribuire a aerului.

Răcitorul de gaze

Răcitorul de gaze, al doilea agregat de bază al instalaţiei de prăjire în pat fluidizat, îndeplineşte un triplu rol :

a) răceşte gazele obţinute la prăjire pînă la aproximativ 350°C înainte de intrarea lor în ciclon şi în filtrele electrostatice pentru a se evita deformarea lor ;

b) prin camerele de aşezare a serpentinelor realizează o primă treaptă de desprăfuire, care ajută în exploatare ciclonul şi filtrele uscate evitînd dispunerea prafului pe electrozii de coronizare ;

c) recuperează căldura sensibilă a gazelor, producînd abur supraîncălzit.

Constructiv, în cea mai reuşită variantă de execuţie, răcitorul de gaze se compune dintr-un schelet metalic, incluzînd patru canale verticale de gaze. Pereţii canalelor sînt formaţi din zidărie refractară dublă, şamotă spre interior, diatomită spre exterior. Pentru etanşare, întreaga construcţie este îmbrăcată într-o manta de tablă.

În interiorul canalelor sînt dispuse fascicule de serpentine, funcţionînd ca suprafaţă de vaporizare în canalele I, III, IV şi ca suprafaţă de supraîncălzire în canalul II.

Lungimea şi profilul serpentinelor au impus utilizarea circulaţiei forţate multiple tip La Mont. Serpentinele sînt sudate de colectoare în interiorul cărora s-au prevăzut duzele de asigurare a stabilităţii circulaţiei.

Fasciculele împreună cu colectoarele respective și capacele de închidere a canalelor de gaze pot fi extrase pe la partea superioară, permițînd înlocuirea rapidă în caz de avarie. Dispoziția suspendată a serpentinelor, care folosește capacitatea portantă proprie a țevilor, prezintă avantajul unei libertăți totale de dilatare termică, precum și al evitării utilizării oțelurilor refractare.

Pompele de circulație trag apa la o temperatură apropiată celei de saturație dintr-un tambur separator la care sînt racordate coloanele de ieșire din fascicule și conductele de apă de alimentare. Tot în tamburul separator a fost amplasată serpentina de reglare a temperaturii aburului livrat, care se montează în serie între cele două fascicule ce alcătuiesc supraîncăzitorul.

Închiderea peretelui între canalele III și IV s-a făcut printr-un registru rotitor care permite scurtcircuitarea fasciculelor respective, parțială sau totală, deci reglarea temperaturii de ieșire din cazan după cerințele tehnologice.

Pentru îndepărtarea prafului depus pe serpentine, fiecare fascicul este dotat cu un dispozitiv electromecanic sau electromagnetic de scuturare. Cenușa se colectează în două pîlnii la baza răcitorului, de unde se evacuează printr-un sistem de redlere al ansamblului cuptor-răcitor-ciclon-electrofiltru.

Parametrii aburului produs de instalațiile realizate sînt 40 kgf/cm^2, 450°C, determinați de necesitatea de a se asigura o temperatură de saturație suficient de ridicată pentru a evita atingerea punctului de rouă. Aburul livrat se destinde într-o turbină de contrapresiune, sau de condensație, cu priză pînă la parametrii necesari scopurilor tehnologice și de încălzire, producînd energie electrică.

Combaterea coroziunii

Coroziunea elementelor instalației, în special a serpentinelor răcitorului, constituie una din dificultățile majore ce trebuie înlăturate. Ea se datorește sulfaților acizi de fier impregnați cu acid sulfuric, care se formează pe suprafețele țevilor de vaporizare sau supraîncălzire din circuitul de gaze.

Bioxidul de sulf se oxidează în trioxid de sulf printr-o reacție reversibilă și exotermă, iar proporția de trioxid de sulf crește cînd temperatura este coborîtă. Trebuie luate măsuri ca în timpul scurt cît stau gazele în răcitor să nu se ajungă la echilibru termic. Oxidul feric joacă rol de catalizator în această reacție. Din studiul curbei de oxidare catalitică a bioxidului de sulf rezultă că atunci cînd gazele se răcesc de la 900 la 350°C ele trec prin regiuni foarte favorabile reacției.

Trioxidul de sulf, în prezența vaporilor de apă care se condensează, dă naștere la acid sulfuric la temperaturi cu mult mai ridicate decît punctul de rouă măsurat. Fenomenul se atribuie prezenței sulfatului de fier existent la suprafața țevilor, care izolează termic, produce răciri locale și favorizează condensarea amestecului gazos de trioxid de sulf și vapori de apă.

În timp ce acidul sulfuric se deplasează din exterior spre conductă, produsele coroziunii îngroașă crusta. Particula de lichid condensată este reținută de crustă, și în această situație este necesară o tensiune de vapori, respectiv o temperatură mai mare pentru a o evapora. Soluțiile folosite la cazanele de abur normale — respectiv by pass de aer rece, recirculare de aer cald, preîncălzirea prealabilă cu abur a aerului — nu sînt aplicabile în condițiile specifice instalației de prăjire.

Se pot lua următoarele măsuri :

a) adoptarea unor viteze de circulație mici în conducte pentru a mări temperatura metalului în contact cu gazele ;

b) utilizarea parametrilor ridicați pentru aburul produs ;

c) adoptarea unei circulații de gaze descendente, evitînd astfel prelingerea condensațiilor acide ce se formează la partea inferioară a serpentinelor pe toată lungimea conductelor ;

e) limitarea excesului de aer, întrucît cercetările arată existența unei relații de proporționalitate între conținutul în trioxid de sulf și excesul de aer ;

e) scuturarea intensă a suprafețelor schimbătoare de căldură pentru îndepărtarea depunerilor.

Este util să se încerce reducerea acțiunii trioxidului de sulf prin folosirea unor substanțe care produc coborîrea punctului de rouă sau o înhibare a coroziunii acidului sulfuric, ca dolomita pulverizată, amoniacul, zincul pulbere, naftenatul de magneziu etc.

Date de exploatare

Experiența de exploatare a instalațiilor de prăjire a piritei în pat fluidizat a permis obținerea anumitor date care pot fi considerate concludente asupra aspectului energetic al procesului, astfel :

— din prăjirea unei tone de pirită cu 45% sulf se obține 1,5 t abur de 40 kgf/cm^2 ;

— în stratul fluidizat se folosesc circa 6 m^2 pentru o tonă de abur produs ;

— fluxul caloric atinge o intensitate de 1,3 × × 10^5 kcal/m^{2}h ;

— țevile de vaporizare din strat au o viață de trei ani ;

— țevile supraîncălzitoare și de vaporizare din calea gazelor de reacție lucrează eficace ca separatoare de praf și trebuie prevăzute cu scuturătoare ;

— praful antrenat de gaze nu are acțiune dăunătoare asupra țevilor răcitorului ; prezența sa îmbunătățește într-o oarecare măsură transferul caloric.

Concluzii

Prăjirea piritelor în pat fluidizat constituie o rezolvare în spiritul concepțiilor tehnicii noi a producerii bioxidului de sulf necesar fabricației acidului sulfuric. Ținînd seamă de rolul deosebit al acestui produs pentru întreaga industrie chimică și de perspectivele ce se deschid în acest domeniu ca urmare a Directivelor Congresului al III-lea al P.M.R., utilizarea unei soluții energotehnologice poate fi apreciată la adevărata ei importanță.

Tabela 1

Costul per tonă pirită prăjită utilă *

Procedeul tehnologic	Cuptor cu vetre	Idem, cu cazan recuperator	Pat fluidizat
Productivitatea instalației (t/zi)	40	40	80
Valoarea totală a instalației (mil. unități)	36,5	48	41,7
Costul de producție (unități)			
pirită utilă	510,0	510,0	510,0
pirită inutilă	40,1	40,1	40,8
cheltuieli de exploatare	110,7	110,7	141,6
amortizarea investițiilor capitale	166,6	218,2	189,5
Total cheltuieli	827,4	879,7	881,9
Valoarea producției de abur realizată în instalații	—	64,0	96,0
Valoarea materialului prăjit **	239,2	239,2	218,65
Costul bioxidului de sulf produs (unități) ***	239,2	303,2	414,65
	588,20	576,50	467,25
Idem, procente	104,00	100,00	81,00

* Pirita prăjită utilă este partea de pirită al cărei sulf trece în produs ; cealaltă parte este numită pirită inutilă.

** Materialul prăjit a fost evaluat, pentru cazul folosirii ulterioare, după conținutul de fier și cupru.

*** Prin cele trei procedee, dintr-o tonă de pirită supusă prăjirii, se obține aceeași cantitate de bioxid de sulf.

Pentru precizarea avantajelor economice ale procesului energotehnologic se dau în tabela 1 rezultatele unui calcul tehnico-economic comparativ între trei sisteme de prăjire a piritei [5].

Investițiile reprezintă valoarea totală a instalațiilor pentru prăjire, cu cuptoare, cazane, electrofiltre, inclusiv clădiri, transport utilaje, depozitarea piritelor și zgurilor pe teritoriul uzinei, platformei, distribuția energiei electrice etc.

Materia primă considerată o constituie arsenopiritele (As 0,5%, Cu 0,8%, S 46%).

Procesul de prăjire în pat fluidizat se produce într-un cuptor cu două camere, adecvat materiei prime.

După cum se vede, pentru aceeași capacitate de producție, procedeul energotehnologic este mai avantajos, atît ca investiție cît și în ceea ce privește prețul de cost al producției.

Bibliografie

[1] Esayan L. și Esayan M. : *Fluidizarea.* Ed. tehnică, București, 1959.

[2] Popovici N. : *Valorificarea căldurii în industria acidului sulfuric.* Academia R.P.R., Secția Energetică, București, 1957.

[3] Leva Max : *Fluidizarea* Mc. Grow Hill, New York, 1959.

[4] De Lachaux P. : *Sur les corosions à basse température des circuits de fumée des chaudières.* Chaleur et industrie 41 (1960), nr. 416, p. 63—71, Paris, 1960.

[5] *** : *Eliminarea arsenului și plumbului în procesul de prăjire a piritei.* Jurnal prikladnoi himii nr. 1 (1961) p. 59—65.

Experimentări şi rezultate privind valorificarea energetică a unor cărbuni indigeni locali

Conf. ing. *GHEORGHE SECARĂ* şi asist. ing. *VASILE ZAMFIR*
Institutul de mine-Petroşani

1. Consideraţii generale

Dezvoltarea extracţiei combustibililor locali în următorii şase ani, precum şi valorificarea lor energetică reprezintă sarcini trasate prin Directivele Congresului al III-lea al P.M.R.

Particularităţile specifice ale acestor cărbuni cer instalaţii de ardere de construcţie specială ; pînă la împlinirea sarcinilor industriei noastre de a construi şi a monta instalaţii de ardere special amenajate pentru combustibilii locali, aceştia vor trebui valorificaţi încă în instalaţiile energetice existente. În cazul arderii combustibililor locali în astfel de instalaţii, cea mai mare greutate constă în faptul că ele au fost construite pentru arderea unor cărbuni cu caracteristici net superioare combustibililor locali. De aceea în momentul actual, prezintă mare importanţă studiul posibilităţilor de adaptare a focarelor existente pentru arderea cărbunilor locali, prin transformări sau amenajări cît mai simple şi cît mai puţin costisitoare, ţinînd seamă în special că acestea sînt instalaţii de ardere de tip vechi, de productivitate mică şi de randament scăzut.

Lucrarea de faţă reprezintă o contribuţie la rezolvarea acestei probleme, de mare importanţă pentru economia naţională, şi cuprinde experienţe făcute cu arderea unor combustibili locali de Valea Jiului în instalaţii energetice de tip vechi, dotate cu grătare-lanţ.

Pentru stabilirea condiţiilor în care se pot arde astfel de combustibili pe grătare rulante s-au făcut două serii de experienţe la centrala electrică Vulcan-Hunedoara.

Prima serie de experienţe s-a făcut în condiţiile găsite la exploatare pentru a se determina caracteristicile cărbunelui, ale instalaţiei de ardere, precum şi aspectul arderii propriu-zise.

A doua serie de experienţe s-a făcut numai după introducerea unor măsuri de raţionalizare a arderii, măsuri cerute de particularităţile cărbunelui. În lucrare se relatează rezultatele obţinute şi condiţiile ce trebuie observate la instalaţii similare care ar fi destinate să ardă cărbunii noştri inferiori. Se recomandă a fi luate în seamă concluziile şi la proiectarea noilor instalaţii pentru astfel de cărbuni.

2. Prima serie de experienţe

Problema valorificării energetice a cărbunilor locali reprezintă o preocupare pe plan mondial ; astfel, în U.R.S.S., R. S. Cehoslovacă, Germania etc., cercetările sînt avansate şi s-au elaborat şi soluţii constructive pentru tipurile de grătare potrivite la cărbunii locali respectivi.

Şi în ţara noastră cercetările asupra arderii cărbunilor indigeni locali sînt în plină desfăşurare pentru anumite sorturi de astfel de cărbuni. Lucrarea de faţă se ocupă de cărbunii locali de Valea Jiului şi a pornit de la necesitatea de valorificare a acestora pe grătarele existente la C.T.E. Vulcan, la C.T.E. Petroşani, la Exploatarea minieră Petrila etc., care sînt dotate cu grătare rulante ; experienţele s-au făcut la un cazan din C.T.E. Vulcan de 12 at, 330°C şi 10 t/h.

Prima serie de experienţe a avut drept scop să determine caracteristicile cărbunilor locali consideraţi, influenţa lor asupra procesului de ardere în strat, performanţele instalaţiilor de ardere existente, precum şi comportarea cărbunilor respectivi pe grătarele lor.

La C.T.E. Vulcan se trimit pentru ardere pe grătar următoarele sorturi de cărbune :

- (0—10) mm spălat de la preparaţia Petrila şi Lupeni ;
- (0—10) mm brut de la mina Vulcan ;
- (0—10) mm mixte, deşeuri rămase de la spălarea cărbunilor huiloşi de Valea Jiului.

Din punctul de vedere al puterii calorifice, numai ultimul sort intră integral în categoria cărbunilor inferiori, avînd o putere calorifică cuprinsă între 1 796 şi 3 119 kcal/kg ; totuşi în această categorie se cuprind şi primele două sorturi : primul — cu toate că are puterea calorifică între 4 120 şi 6 385 —din cauza procentului mare de mărunt (particule sub 3 mm), care face să-şi piardă din valoarea sa comercială, şi al doilea din cauză că, pe lîngă procentul mare de mărunt, are şi o putere calorifică mai mică (între 3 168 şi 5 053 kcal/kg).

Caracteristicile acestor cărbuni s-au determinat pe baza analizei elementare, pe baza determinării conţinutului de substanţe combustibile şi de substanţă minerală şi pe baza determinării puterii calorifice în conformitate cu STAS 5269-56 etc.

Apoi, pe baza analizei gazelor de ardere făcută cu aparatul Orsat şi în paralel cu analizorul electric al canzanului, pe baza analizei zgurii şi a măsurătorilor de temperatură dezvoltate în focar, s-a urmărit comportarea lor în procesul de ardere de pe grătar.

Caracteristicile cărbunilor s-au sintetizat în diagramele din fig. 1, din care se extrag următoarele particularităţi ale acestor cărbuni, care agravează arderea lor.

Conţinutul de apă pentru cărbunii de Valea Jiului este moderat şi cuprins între următoarele limite :

- pentru mixte între 6,49 şi 26,8
- pentru brut între 5,11 şi 9,4
- pentru spălat între 4,06 şi 11,7

Se cunoaşte că umiditatea micşorează puterea calorifică a cărbunelui, consumînd căldură pentru vaporizarea ei, şi prin asta se produce

scăderea temperaturii din focar. Pe lîngă acestea, un conținut mare de apă îngreuiază aprinderea combustibilului, precum și reduce stabilitatea arderii; la asemenea combustibil are loc de obicei o aprindere la suprafață a cărbunelui, și nu a întregului strat. Pentru îmbunătățirea condițiilor de ardere a cărbunilor inferiori cu conținut mare de umiditate, literatura recomandă pe lîngă alte măsuri să se folosească și insuflarea de aer cald la 200—250°C.

Conținutul de cenușă este ridicat și cuprins între 39,8 și 51,9% pentru mixte, între 24,1 și 33,7% pentru brut și între 10,81 și 18,78% pentru spălat. Cenușa constituie un material inert care micșorează puterea calorifică a combustibilului și care se încălzește în focar și se evacuează fierbinte la 500—600°C, luînd cu ea o mare cantitate de căldură. Important este faptul că proprietățile cenușii influențează rezistența stratului la trecerea aerului, consumul de energie pentru insuflare, precum și pierderile prin ardere mecanică incompletă și prin zgură.

Conținutul de substanță combustibilă variază la cărbunii studiați între 41,3 și 72,9%, conform fig. 1; aceasta determină de fapt puterea calorifică a combustibilului, aprinderea și arderea volatilelor degajate, comportarea reziduului de cocs rămas pe grătar, precum și temperatura care se dezvoltă în strat și pe grătar. Partea carburantă este formată de altfel din substanțele volatile degajate și din cocsul rămas pe grătar. La cărbunii inferiori este caracteristic un conținut mare de volatile, care se degajă rapid și abundent; această particularitate cere să se

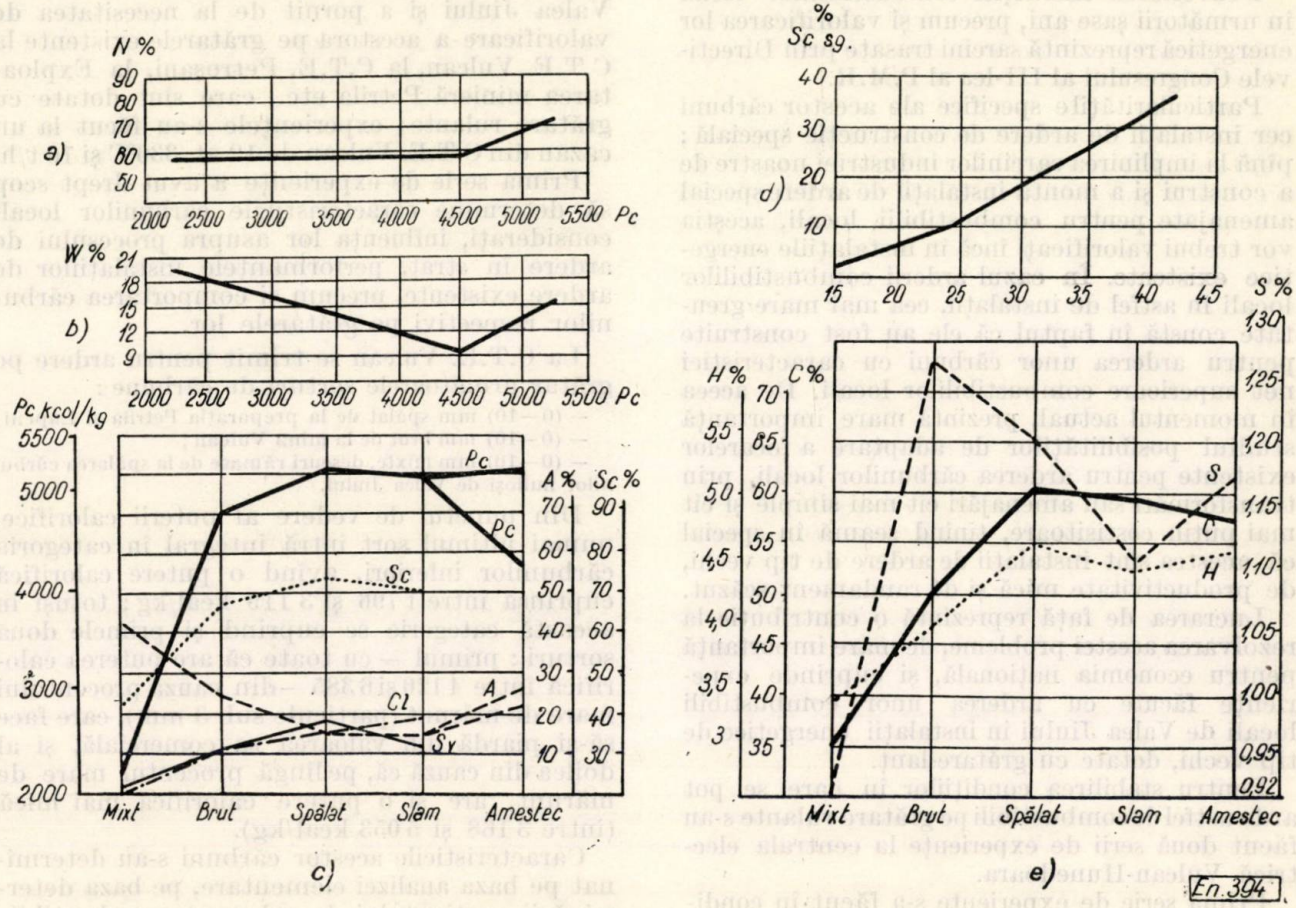


Fig. 1. Caracteristicile cărbunilor locali de Valea Jiului:
a — procentul de particule (N %) sub 3 mm; *b* — variația puterii calorifice (P_c) cu procentul de umiditate; *c* — variația pe sorturi a: puterii calorifice (P_c), procentului de cenușă (A %), substanțelor volatile (S_v), carbonului fix (C_f) și substanței carburante (S_c); *d* — variația procentului de nearse în zgură în funcție de procentul de cenușă; *e* — analiza elementară a sorturilor disponibile (C, H, S %).

asigure condiții de ardere corectă a volatilelor ca: înălțime suficientă a focarului, amestec suficient cu aerul, temperatură suficientă a focarului etc. Umiditatea frînează într-o oarecare măsură degajarea volatilelor, iar granulația mărunță o favorizează.

Compoziția granulometrică la cărbunii studiați prezintă un procent de 57,8—72,2% mărunt (particule sub 3 mm) (fig. 1).

Pentru arderea în strat, compoziția granulometrică are influență asupra stabilității stratului, asupra lungimii de flacără pe care o dezvoltă cărbunele, asupra desfășurării procesului de ardere, uniform sau în cratere. Dacă combustibilul n-are o granulație uniformă, ceea ce este caracteristic la cărbunii locali, este nevoie de construcții speciale de grătare cu posibilitate de răscolire a stratului. Din cele arătate mai sus

se vede că procentele cele mai mari de umiditate și de cenușă s-au găsit la mixte și din această cauză mixtele prezintă și cele mai mari greutăți de ardere; pe de altă parte, ele au și cea mai mică putere calorifică, mergînd uneori și mai jos de 1 796 kcal/kg, fapt care influențează nefavorabil arderea și producția cazanului respectiv.

Din cauza caracteristicilor arătate, C.T.E. evită în mod justificat arderea mixtelor, oprindu-se pe cît posibil la folosirea cărbunelui spălat sau a brutului, și numai în cazuri de nevoie dictate mai ales de disponibilitățile din stoc se folosesc amestecuri din sorturile de mai sus cu mici procente de mixte.

Instalațiile de ardere existente în Valea Jiului sînt dotate cu grătare rulante, cu golurile dintre eclise de 3 × 228 mm și avînd posibilitatea de a varia viteza între 4 —17 m/h, și anume: viteza 1 are 4 m/h, viteza a 2-a 5m/h, viteza a 3-a 9 m/h și viteza a 4-a 17 m/h.

Din experiențele făcute a reieșit că arderea mixtelor, în situația actuală de funcționare, nu este cu putință din cauza condițiilor de exploatare nerațională în care se lucrează, și anume:

— neetanșeitatea corespunzătoare a focarului, care are drept consecință un exces de aer ce ajunge uneori pînă la valoarea cinci;

— nu se cunoaște care este viteza economică a grătarului pentru diferite sorturi;

— nu se cunoaște care este grosimea de strat cea mai potrivită la anumite sorturi;

— se lucrează cu aer aspirat la temperatura camerei;

— grătarul-lanț are golurile sale de aer mai mari decît dimensiunile particulelor de cărbune conținute în procent mare de cărbunele local (cele sub 3 mm);

— se lucrează cu tiraj aspirat, care nu este dimensionat pentru arderea cărbunelui inferior, întrucît se asigură la canalul de ieșire din cazan numai o depresiune de 9 mm coloană de apă, absolut insuficientă pentru a sili aerul să treacă prin stratul de cărbune.

În aceste condiții, în prima serie de experiențe s-a alimentat grătarul numai cu mixte avînd următoarele caracteristici:

— putere calorifică	2 215 kcal/kg
— conținut de cenușă	41,1 %
— umiditate totală	13,9 %
— compoziție elementară: C = 35,29 %, H = 3,36 %	
— particule sub 3 mm	57,8 %
— particule peste 8 mm	6,9 %

S-a reglat grătarul la cea mai mică viteză (4 m/h) și s-a urmărit arderea mixtelor mai întîi într-un strat de 100 mm și apoi într-un strat de 150 mm; rezultatul probei de ardere este arătat în diagramele din figura 2.

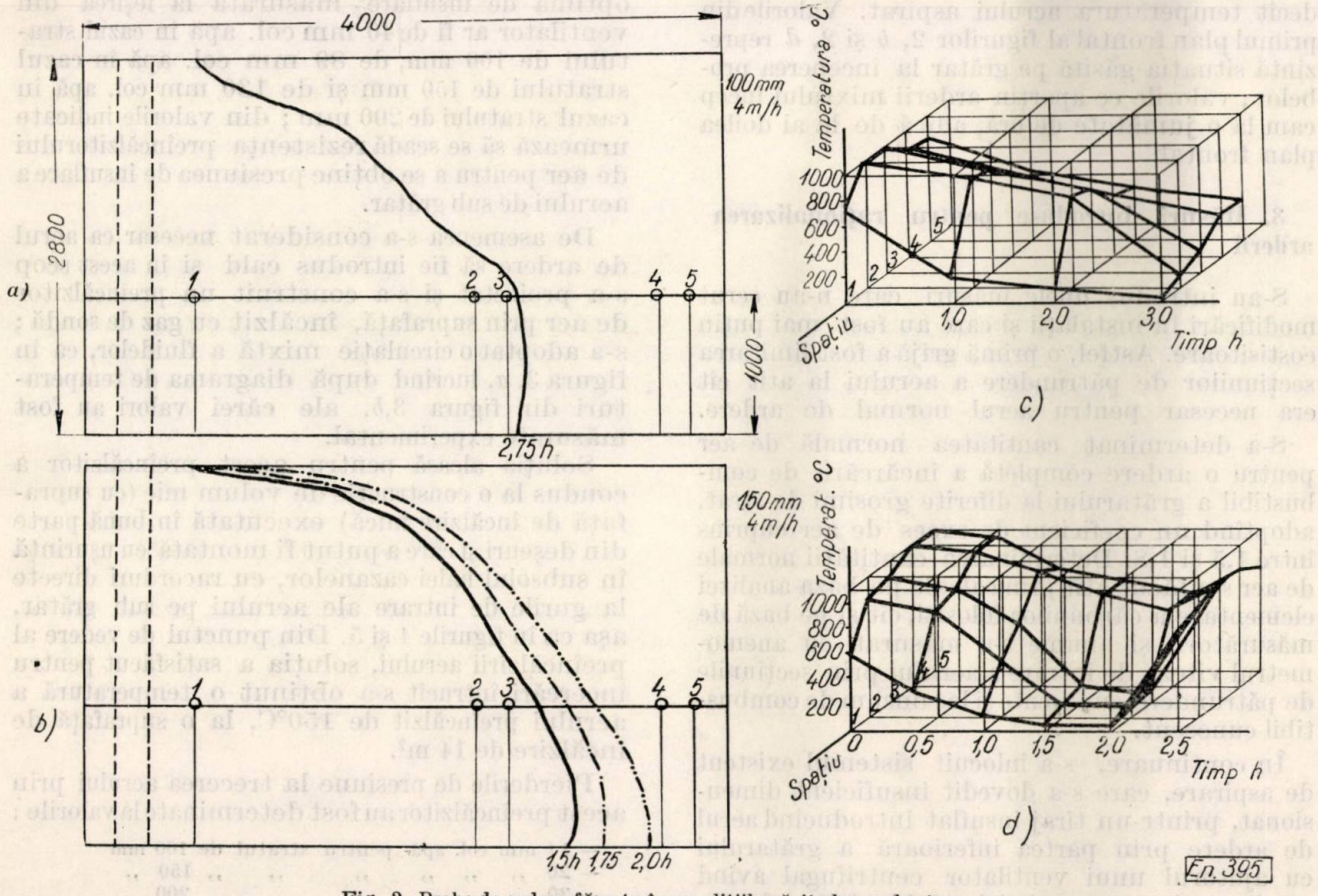


Fig. 2. Probe de ardere făcute în condițiile găsite la exploatare:

a — suprafața focarului și deplasarea focului la stratul de 100 mm; *b* — variația temperaturilor în cazul stratului de 100 mm; *c* — suprafața focarului și deplasarea focului la stratul de 150 mm; *d* — variația temperaturilor în cazul stratului de 150 mm.

După introducerea mixtelor pe grătar, focul a scăzut în intensitate, și după circa o jumătate de oră zona de aprindere s-a deplasat la circa 30 —40 cm de gura de cădere; după un interval de circa două ore, zona de aprindere era ilustrată prin linia groasă din figura 2, *a*. Numai după circa trei ore de alimentare a grătarului cu mixte focul s-a stins complet în cazul stratului de 100 mm și cazanul a încetat să mai debiteze abur; în cazul stratului de 150 mm, această situație a intervenit mai repede, și anume după circa două ore și jumătate de la alimentarea cu mixte. În toate aceste încercări s-a menținut viteza grătarului la valoarea sa minimă (de 4 m/h), valoare care s-a dovedit a fi totuși mai mică decît viteza de ardere a mixtei în cazul stratului de 150 mm.

Măsurătorile de temperatură sînt reprezentate în cele două cazuri, prin diagramele spațiale din figurile 2, *b* și 2, *d*, unde s-au notat pe axa ordonatelor valorile temperaturilor, pe axa *z*-ului variația acestora în diferitele puncte de pe grătar, iar pe axa absciselor variația temperaturilor în timp într-un același punct.

Din diagramă se observă deplasarea continuă a zonei de ardere către finele grătarului și scăderea continuă în timp a temperaturilor pe suprafața grătarului, de la valori de circa 980 —1 000°C la circa 30°C, cu aproximativ 10°C mai mult decît temperatura aerului aspirat. Valorile din primul plan frontal al figurilor 2, *b* și 2, *d* reprezintă situația găsită pe grătar la începerea probelor; valorile ce aparțin arderii mixtului încep cam la o jumătate de oră, adică de la al doilea plan frontal.

3. Măsuri introduse pentru raționalizarea arderii

S-au introdus unele măsuri care n-au cerut modificări în instalații și care au fost mai puțin costisitoare. Astfel, o primă grijă a fost limitarea secțiunilor de pătrundere a aerului la atît cît era necesar pentru aerul normal de ardere.

S-a determinat cantitatea normală de aer pentru o ardere completă a încărcării de combustibil a grătarului la diferite grosimi de strat, adoptînd un coeficient de exces de aer cuprins între 1,5 și 1,8. Determinarea cantității normale de aer s-a făcut atît prin calcule pe baza analizei elementare a cărbunilor folosiți, cît și pe bază de măsurători, și anume s-a măsurat cu anemometrul viteza de intrare a aerului prin secțiunile de pătrundere cunoscute și la consum de combustibil cunoscut.

În continuare, s-a înlocuit sistemul existent de aspirare, care s-a dovedit insuficient dimensionat, printr-un tiraj insuflat introducînd aerul de ardere prin partea inferioară a grătarului cu ajutorul unui ventilator centrifugal avînd următoarele caracteristici: debit 300 m³/min, presiune 250 mm col. apă și turație 1 450 rot/min.

Ridicînd curba caracteristică a ventilatorului, s-a putut determina turația motorului de antrenare la care se obțin de la ventilator presiunile optime de insuflare corespunzătoare diferitelor grosimi de strat; acest lucru a fost necesar

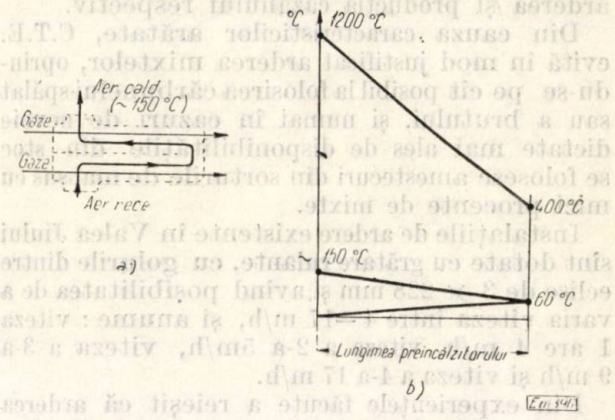


Fig. 3. Diagrama de bază la calculul preîncălzitorului de aer:
a — circulația fluidelor; *b* — variația temperaturii.

întrucît presiunea de insuflare optimă trebuie determinată experimental în funcție de calitatea și granulația cărbunelui disponibil.

Astfel s-a ajuns la concluzia că presiunea optimă de insuflare măsurată la ieșirea din ventilator ar fi de 40 mm col. apă în cazul stratului de 100 mm, de 89 mm col. apă în cazul stratului de 150 mm și de 130 mm col. apă în cazul stratului de 200 mm; din valorile indicate urmează să se scadă rezistența preîncălzitorului de aer pentru a se obține presiunea de insuflare a aerului de sub grătar.

De asemenea s-a considerat necesar ca aerul de ardere să fie introdus cald și în acest scop s-a proiectat și s-a construit un preîncălzitor de aer prin suprafață, încălzit cu gaz de sondă; s-a adoptat o circulație mixtă a fluidelor, ca în figura 3, *a*, lucrînd după diagrama de temperaturi din figura 3,*b*, ale cărei valori au fost măsurate experimental.

Soluția aleasă pentru acest preîncălzitor a condus la o construcție de volum mic (cu suprafață de încălzire mică) executată în bună parte din deșeuri și care a putut fi montată cu ușurință în subsolul halei cazanelor, cu racorduri directe la gurile de intrare ale aerului pe sub grătar, așa ca în figurile 4 și 5. Din punctul de vedere al preîncălzirii aerului, soluția a satisfăcut pentru încercări întrucît s-a obținut o temperatură a aerului preîncălzit de 150°C, la o suprafață de încălzire de 14 m².

Pierderile de presiune la trecerea aerului prin acest preîncălzitor au fost determinate la valorile:

— 14 mm col. apă pentru stratul de 100 mm
— 20 „ „ „ „ „ „ 150 „
— 30 „ „ „ „ „ „ 200 „

viteza de deplasare a grătarului fiind de 4 m/h.

Scăzînd pierderile de presiune în preîncălzitor din valorile presiunii de refulare a ventilatorului măsurate la ieşirea din ventilator, se obţin

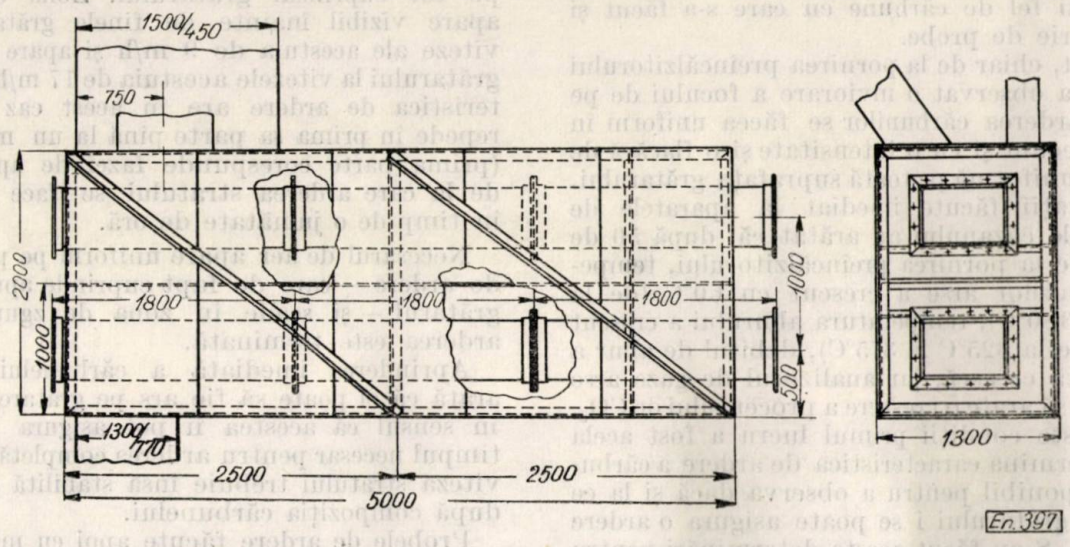


Fig. 4. Schiţa preîncălzitorului de aer folosit în experimentare.

următoarele valori ale presiunii aerului sub grătar :

— 26 mm col. apă pentru stratul de 100 mm
— 69 „ „ „ „ „ „ 150 „
— 100 „ „ „ „ „ „ 200 „

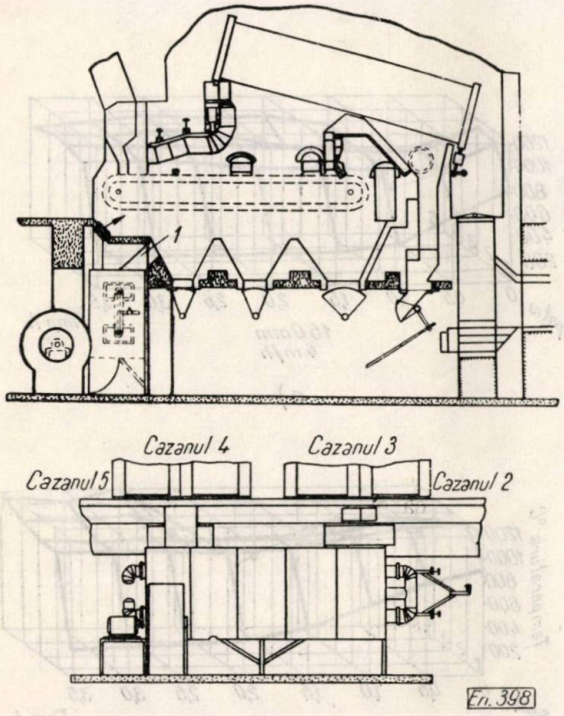


Fig. 5. Amplasarea ventilatorului şi a preîncălzitorului de aer în subsolul halei cazanelor.

La aceste presiuni, observaţiile făcute în timpul arderii cu ochiul liber n-au semnalat particule de cărbune antrenate de aer, iar pe de altă parte presiunea arătată s-a dovedit suficientă pentru menţinerea stratului de cărbune pe grătar, iar umiditatea şi aprinderea lui imediat lîngă gura de cădere au redus căderile de particule prin golurile grătarului.

Aerul introdus prin cele două secţiuni arătate în fig. 5 putea să urmeze însă şi traseuri de mai mică rezistenţă decît trecerea prin strat, de pildă, pe la finele grătarului, printre papucii de zgură şi stratul de zgură. Pentru a îmbunătăţi şi a asigura distribuţia uniformă a aerului pe suprafaţa grătarului, s-au făcut şi încercări de a se introduce aerul pe zone ; experienţa a arătat că introducînd aerul pe zonă, aşa ca în

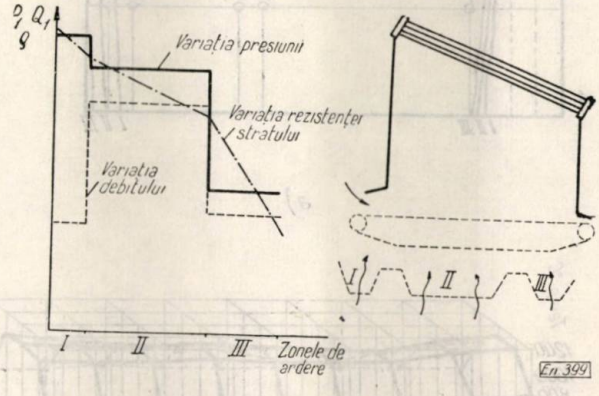


Fig. 6. Insuflarea aerului pe zone, sub grătar.

figura 6 se asigură trecerea lui prin strat, o distribuţie uniformă pe toată faţa grătarului şi o ardere uniformă.

La introducerea pe zone se poate stabili debitul de aer necesar pe fiecare zonă, iar efectele sale se menţin chiar dacă presiunea de insuflare pe zone este aceeaşi, adică se foloseşte un acelaşi ventilator.

4. A doua serie de experienţe

Pentru a verifica efectul măsurilor de mai sus s-a făcut o a doua serie de experienţe de ardere cu acelaşi fel de cărbune cu care s-a făcut şi prima serie de probe.

De fapt, chiar de la pornirea preîncălzitorului de aer s-a observat o înviorare a focului de pe grătar, arderea cărbunilor se făcea uniform în timp, precum şi cu o intensitate şi o flacără de lungime uniformă pe toată suprafaţa grătarului.

Observaţii făcute imediat la aparatele de control ale cazanului au arătat că, după 50 de minute de la pornirea preîncălzitorului, temperatura gazelor arse a crescut cu 60°C (de la 320°C la 380°C), temperatura aburului a crescut cu 50° (de la 325°C la 375°C), debitul de abur a început să crească, iar analizorul de gaze arse a început să arate o creştere a procentului de CO_2.

În aceste condiţii primul lucru a fost acela de a determina caracteristica de ardere a cărbunelui disponibil pentru a observa dacă şi la ce viteză a grătarului i se poate asigura o ardere completă. S-au făcut aceste determinări pentru cel mai bun dintre sorturile disponibile, şi anume pentru cărbunele spălat, la care s-a găsit o putere calorifică de 5 200 kcal/kg. S-a constatat că aprinderea cărbunelui începe la circa 5—10 cm de la gura sa de cădere, mai întîi la suprafaţă, pentru ca de la o distanţă de circa 15 cm aprinderea să fie pe întreg stratul.

Arderea începută de la această distanţă pentru o viteză a grătarului de 9 m/h se continuă cu intensitate uniformă şi cu o flacără albăstruie pe tot cuprinsul grătarului. Zona de zgură apare vizibil înainte de finele grătarului la viteze ale acestuia de 9 m/h şi apare la finele grătarului la vitezele acestuia de 17 m/h. Caracteristica de ardere are în acest caz o alură repede în prima sa parte pînă la un maximum (prima parte corespunde fazei de aprindere), de la care arderea stratului se face complet în timp de o jumătate de oră.

Necesarul de aer apare uniform pe porţiunea de ardere — care de fapt cuprinde aproape tot grătarul — şi scade în zona de zgură, unde arderea este terminată.

Aprinderea imediată a cărbunelui studiat arată că el poate să fie ars pe grătare rulante, în sensul că acestea îi pot asigura stratului timpul necesar pentru arderea completă; desigur viteza stratului trebuie însă stabilită şi reglată după compoziţia cărbunelui.

Probele de ardere făcute apoi cu mixtele au dat satisfacţie completă; mixtele iniţiale au ars acum în bune condiţii pe acelaşi grătar, iar cazanul a debitat abur potrivit puterii sale calorifice.

În figura 7 se ilustrează procesul de ardere a mixtelor : zona de aprindere a cărbunelui a fost la circa 15 cm de gura sa de cădere, aprinderea a avut loc deodată pe toată lăţimea grătarului,

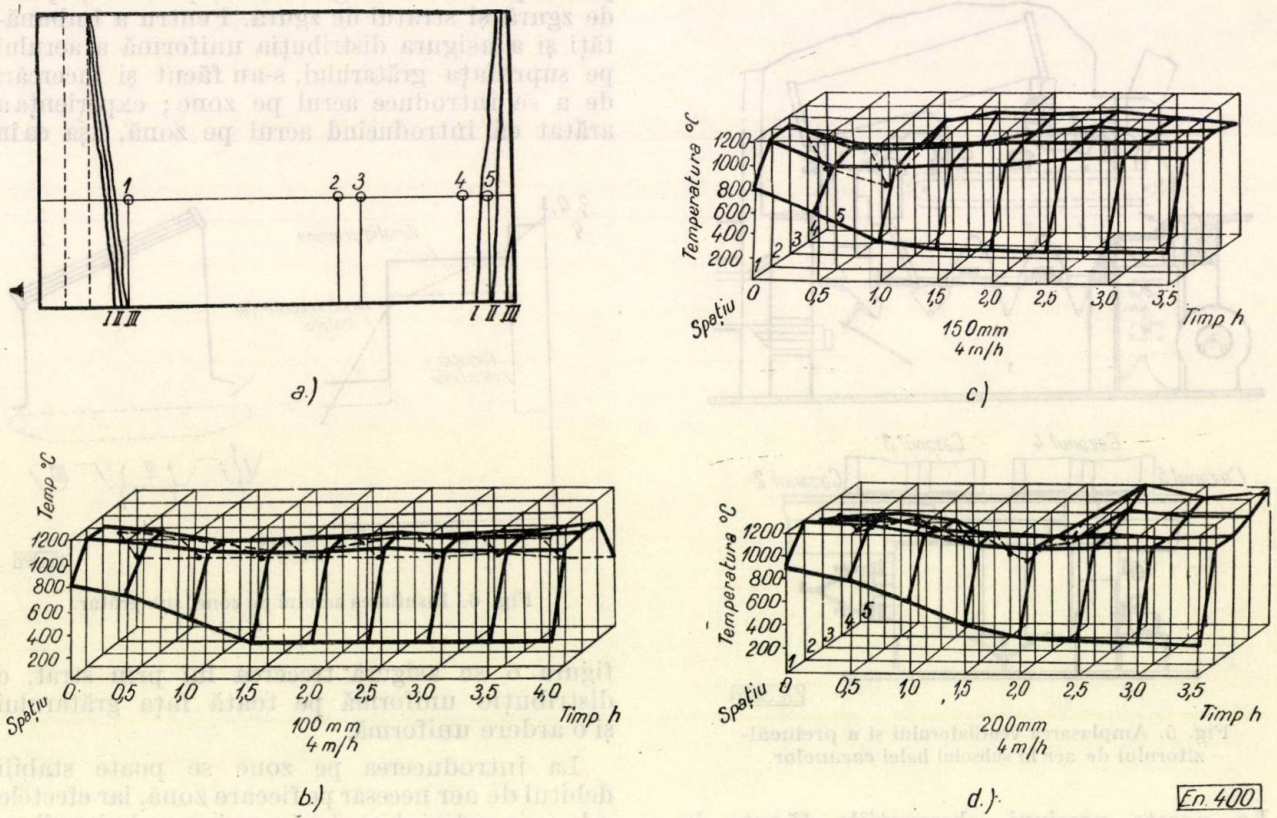


Fig. 7. Probe de ardere făcute după introducerea măsurilor de raţionalizare a arderii :

a — suprafaţa focarului pe care liniile groase indică deplasarea focului în cazul stratului de 200 mm ; *b* — variaţia temperaturilor pe grătar în cazul stratului de 100 mm ; *c* — variaţia temperaturilor pe grătar în cazul stratului de 150 mm ; *d* — variaţia temperaturilor pe grătar în cazul stratului de 200 mm.

arderea s-a făcut complet pe suprafața grătarului la o viteză a acestuia de 4 m/h în cazul unei grosimi de strat de 100 mm. La distanța arătată aprinderea stratului s-a făcut la suprafața sa, pentru ca de la o distanță de circa 25 cm, aprinderea să se facă în tot stratul și arderea să fie intensă.

Temperaturile măsurate la suprafața grătarului în cazul stratului arătat sînt indicate în figura 7,*b*, și anume începînd de la al 2-lea plan frontal ele se referă la arderea mixtelor; diagrama arată că temperatura pe suprafața grătarului în diferitele sale puncte, precum și variația sa în timp într-un același punct se mențin la valori aproximativ constante cu mici variații. Este o diagramă ideală de ardere, care însă, la o grosime de strat de 150 mm, începe să-și schimbe alura, așa cum se arată în figura 7, *c*; la ultima diagramă se vede că zona dinspre capătul grătarului devine zonă de temperaturi mai ridicate, ceea ce denotă că zona de ardere se deplasează în acest caz spre capătul gătarului, iar arderea încetează de a mai fi completă pe grătar.

Această tendință se accentuează pe măsură ce crește grosimea de strat, așa cum arată și diagrama din figura 7,*d*, construită pentru o grosime de strat de 200 mm.

Procesul arderii complete, analizat pe baza ultimelor diagrame, arată că stratul în care arderea va fi completă pentru cărbunele mixt este situat între primele două, mai aproape de primul, adică va avea valoarea de 100 —120 mm; peste această grosime de strat, arderea pe grătar începe să nu mai fie completă chiar la viteza minimă a grătarului.

La încercările efectuate în a doua parte a lucrării cu arderea mixtelor de putere calorifică egală cu 2215 kcal/kg și la o viteză a grătarului de 4 m/h și o grosime de strat de 100 mm, s-au obținut următoarele caracteristici:

— cantitate de cărbune ars $B = 1\,120$ kg/h;
— suprafața expusă a grătarului $S = 10{,}84$ m²;
— sarcină specifică pe grătar:

$$\frac{BQ}{S} = \frac{1\,120 \cdot 2\,215}{10{,}84} = 230\,000 \text{ kcal/m}^2 \text{ h};$$

— volumul camerei de focar 15 m³;
— sarcina specifică a volumului de focar:

$$\frac{BQ}{V} = \frac{1\,120 \cdot 2\,215}{15} = 165\,000 \text{ kcal/m}^3\text{h}.$$

Cifrele de mai sus se vor putea îmbunătăți cu circa 20% dacă se va lua ca strat de ardere maxim stratul de 120 mm.

Însemnate îmbunătățiri ale procesului de ardere pentru cărbunii inferiori de mai sus se mai pot obține și prin aplicarea următoarelor măsuri de raționalizare:

— micșorarea conținutului de cenușă și îmbunătățirea granulației. În această direcție, este nimerit ca pentru arderea pe grătarele din Valea Jiului să fie livrate numai sorturile cu granulații mai mari de 3 mm, urmînd ca cele mai mici să fie arse în cazanele echipate cu instalații de pulverizare;

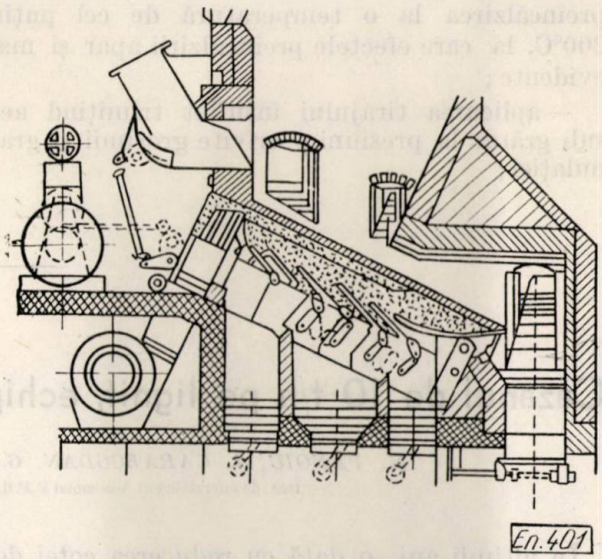


Fig. 8. Exemplu de grătar cu boltă posterioară, special pentru cărbuni inferiori.

— construirea unei bolți posterioare. Lipsa bolții posterioare creează și acum un drum de minimă rezistență în calea aerului insuflat, care are tendința de a ocoli grătarul pentru a trece pe lîngă peretele posterior; existența unei astfel de bolți ca în figura 8 dirijează flacăra și radiațiile spre zona de ardere, întreținînd și activînd arderea;

— introducerea aerului pe zone, așa cum s-a arătat mai sus.

5. Concluzii

Problema valorificării energetice a cărbunilor locali din R.P.R. în instalații de ardere existente, care au fost construite la timpul lor pentru cărbuni cu alte caracteristici decît ale celor locali, reprezintă în stadiul actual o problemă importantă pentru economia națională.

Rezolvarea ei cere anumite modificări ale instalațiilor existente, care sînt diferite de la caz la caz; astfel în studiul prezentat s-au expus experiențele și modificările făcute la o instalație veche, prevăzută cu grătar rulant, pentru a determina condițiile în care ar putea să fie folosită la arderea unor cărbuni locali din Valea Jiului.

Prin introducerea unor măsuri de raționalizare a arderii, cerute de altfel chiar de particularitățile cărbunilor locali respectivi, s-a putut obține pe acele grătare arderea în condiții mulțumitoare a unor cărbuni locali cu un procent de cenușă de 41,6%, umiditate de 13,49% și cu o compoziție granulometrică cu circa 58% mărunt (particule sub 3 mm).

În ordinea importanței, măsurile de raționalizare a arderii, au fost următoarele :

— folosirea aerului preîncălzit. În încercările efectuate, temperatura acestuia a fost de 150°C, însă pentru instalații permanente se recomandă preîncălzirea la o temperatură de cel puțin 200°C, la care efectele preîncălzirii apar și mai evidente ;

— aplicarea tirajului insuflat trimițînd aer sub grătar la presiuni potrivite grosimii și granulației ;

— trimiterea aerului pe zone chiar la aceeași presiune, dar în cantități diferite la fiecare zonă, asigură trecerea lui prin strat și uniformitatea arderii pe grătar ;

— stabilirea vitezei de grătar și a grosimii de strat optime la care se obține o ardere completă;

— să se lucreze cu o cantitate de aer rațională ce corespunde unui exces de aer indicat de practică ;

— construcția unei bolți posterioare — acolo unde nu există — care contribuie la activarea și întreținerea focului.

Cazanul de 10 t/h pe lignit, echipat cu grătar cu împingere răsturnată

N. PĂNOIU, I. CARABOGDAN, G. SINGER, M. SCHWARTZ, M. PETCU

Inst. de energetică al Academiei R.P.R. — Uzina de utilaj petrolier și chimic București

În ultimii ani, o dată cu reducerea cotei de combustibili superiori destinată producerii de energie — prin trecerea acestora în sectorul chimico-tehnologic — și o dată cu descoperirea de noi zăcăminte de combustibili inferiori, se impune din ce în ce mai mult cercetarea posibilităților de folosire a acestora în centralele termice și termoelectrice.

Directivele Congresului al III-lea al P.M.R. subliniază necesitatea trecerii la folosirea acestor combustibili pe scară largă, trasînd sarcini concrete pentru perioada 1960—1965.

Pe această bază, Institutul de energetică al Academiei R.P.R., în colaborare cu Uzinele de utilaj petrolier și chimic București a efectuat cercetări susținute în domeniul instalațiilor de ardere în strat a ligniților din R.P.R.

Luîndu-se în considerare caracteristicile energetice ale acestor ligniți [1], [2] și rezultatele cercetărilor efectuate pe următoarele tipuri de instalații de ardere în strat :

— focar cu grătar fix [3];

— focar cu grătar catenar [4];

— focar cu grătar cu împingere superioară [5];

— focar cu grătar cu împingere răsturnată [6];

a fost propusă ca instalație adecvată arderii în strat a ligniților instalația ce se prezintă în continuare [7], cu care a fost echipat cazanul de 10t/h pe lignit.

Cazanul este de tip secțional, cu camere drepte cu tambur transversal, economizor și supraîncălzitor.

Instalația de cazan de abur are următoarele caracteristici prezentate în tabela 1.

Tabela 1

Caracteristicile tehnice ale cazanului de 10 t/h

Debit normal	8 t/h
Debit nominal (maximal continuu)	10 t/h
Debit minim	5 t/h
Debit maxim	11 t/h
Presiunea nominală (maxim admisă tambur)	16 kgf/cm².
Temperatura aburului supraîncălzit	350°C
Temperatura apei de alimentare	100°C
Solicitarea termică a focarului	190.10^3kcal/m³ h
Randamentul cazanului (la 8 t/h)	72%
Gabarit în stare înzidită :	
— lățime	6 000 mm
— adîncime	9 240 mm
— înălțime	14 440 mm
Suprafața totală de încălzire	314 m²
Suprafața supraîncălzitorului	120 m²
Suprafața economizorului	105 m²

Din figura 1 se constată că focarul are o profilare deosebită de aceea a construcțiilor clasice.

Astfel, instalația este prevăzută cu o boltă anterioară, puțin dezvoltată, cu o lungime de 1 m, situată la o înălțime de 0,8 m deasupra pragului de alimentare cu combustibil, și cu o boltă posterioară foarte dezvoltată, cu o înclinare de 13° față de grătar, avînd o lungime de 3,7 m. Bolta posterioară acoperă circa 2/3 din suprafața grătarului, lăsînd astfel, împreună cu bolta anterioară, o secțiune de trecere a gazelor de ardere de 1,4 × 3,0 m.

Bolta posterioară și stratul de combustibil de pe grătar creează, datorită înclinării bolții, o secțiune de trecere pentru gazele de ardere crescătoare progresiv. Gazele de ardere, în drumul lor spre fascicolul fierbător, sînt deviate de bolta posterioară spre bolta anterioară a focarului, contribuind astfel la intensificarea pregătirii combustibilului pe prima parte a grătarului.

Bolta posterioară menține totodată un regim termic ridicat în zona de ardere a cocsului, prin umbrirea acesteia de suprafața rece a sistemului fierbător, mărindu-se astfel stabilitatea procesului de ardere în această zonă.

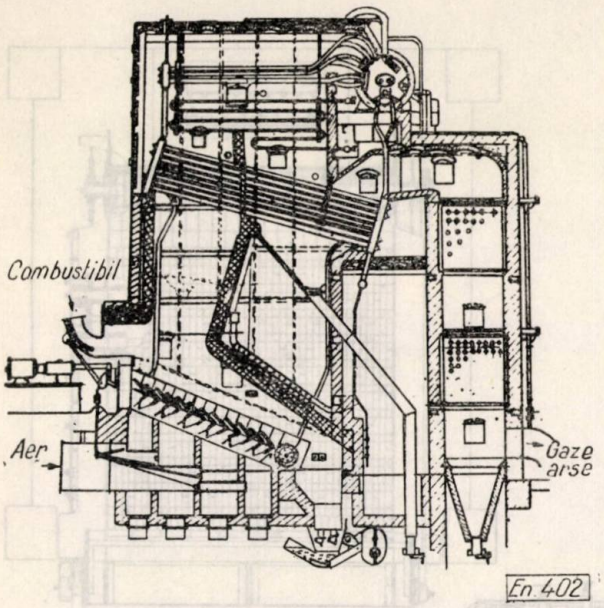


Fig. 1. Secțiune prin cazanul de 10 t/h

Calculul termic al focarului a fost întocmit de Institutul de energetică, luîndu-se în considerare cărbunele de Căpeni, cu următoarele caracteristici :

— umiditatea totală	41 %
— cenușă (la masa de lucru)	14,45 %
— carbon	28,55 %
— hidrogen	2,52 %
— oxigen	11,8 %
— azot	0,64 %
— sulf combustibil	0,86 %
— putere calorifică inferioară	2 320 kcal/kg
— temperatura de înmuiere a zgurii (metoda observării corpurilor de probă)	1 230°C
— temperatura de topire a zgurii	1 300°C
— temperatura de curgere a zgurii	1 380°C
— volumul focarului	cca 38 m^3

În figura 2 se prezintă planul ansamblului grătarului cu împingere răsturnată cu următoarele caracteristici :

— suprafața grătarului	11,10 m^2
— lungimea grătarului	3,70 m
— lățimea grătarului	3,00 m
— înclinarea față de orizontală	22°
— numărul de rînduri de bare	11 mobile, 2 fixe
— cursa barelor (variabilă)	0—240 mm
— durata unei curse complete	minimum 20 s
— lățimea barei de grătar	80 mm
— înălțimea barei de grătar	80—85 mm.
— lungimea barei de grătar	500 mm
— încărcarea gravimetrică a grătarului (proiectată)	332 kg/m^2h
— încărcarea termică a grătarului (proiectat)	770 10^3 kcal/m^2h

Caracteristic grătarului este cursa mărită a barelor de grătar (maximum 240 mm) și viteza mare a cursei complete (durata minimă : 20 s/cursă).

Aceste două elemente, cursa barelor și viteza lor de mișcare, sînt, după cum s-a constatat din cercetările experimentale, cele mai importante elemente în procesul de răscolire a combustibilului pe grătar.

Pentru a se asigura universalitatea folosirii grătarului și o posibilitate mărită de adaptare la o gamă cît mai largă de sorturi de lignit, cursa grătarului și viteza sa de mișcare au fost prevăzute variabile în limite largi.

În vederea asigurării unui reglaj ușor în limite largi al cursei și vitezei barelor de grătar, acționarea grătarului s-a prevăzut a se realiza cu ajutorul unui motor hidraulic acționat cu ulei sub presiune.

Una dintre calitățile remarcabile ale acestui grătar este independența mișcării barelor de grătar de alimentarea cu combustibil. Această calitate permite ca pentru fiecare combustibil să se realizeze regimul de răscolire cel mai indicat. Grătarul este alimentat cu combustibil prin intermediul a două lopeți mecanice, cărora li se imprimă mișcarea alternativă de la un motor hidraulic identic cu cel ce acționează grătarul. Acest motor hidraulic acționează lopețile mecanice printr-un sistem de pîrghii.

Tijele de acționare a lopeților mecanice sînt prevăzute cu un dispozitiv telescopic reglabil, care permite variația cursei acestuia. Variația cursei lopeților poate fi de asemenea reglată prin variația cursei motorului. Cantitatea de combustibil ce se introduce pe grătar poate fi astfel modificată, fie prin variația vitezei de alimentare, fie prin variația cursei acestora.

Lopețile mecanice împing combustibilul proaspăt din buncărul de alimentare a cazanului pe pragul de uscare situat sub bolta anterioară a focarului. Prin staționarea pe acest prag, combustibilul suferă un oarecare grad de uscare sub influența radiației bolții anterioare și a gazelor de ardere din focar. De pe pragul de uscare combustibilul cade pe primul rînd de bare fixe de unde începe înaintatea pe grătar.

Același motor hidraulic acționează simultan printr-un alt sistem de pîrghii, prevăzut cu un excentric reglabil, tamburul de antrenare a zgurii.

Instalația de antrenare a motoarelor hidraulice se compune din trei pompe de ulei cu roți dințate cu debitul de 600 kg/h la presiunea nominală de 16 kgf/cm^2 și la presiunea maximă de 25 kgf/cm^2, acționate de motoare electrice de 10 kW, 220/380 V și 3 000 rot/min.

Prin intermediul tamburului antrenat de sistemul de alimentare cu combustibil, zgura cade de pe grătar în buncărul de zgură, prevăzut la bază cu un dispozitiv de sfărîmare a blocurilor. Sistemul constă din două axe cu colți de spargere

a zgurii. Dispozitivul este acționat de un motor electric de 1,7 kW, 220/380 V, 1 500 rot/min.

Zgura sfărîmată cade în cuva dispozitivului de evacuare a zgurii, răcindu-se în apă, după care

Instalația a fost experimentată la arderea ligniților din bazinele importante din R.P.R.

Măsurătorile asupra instalației au fost efectuate după o prealabilă curățire a cazanului.

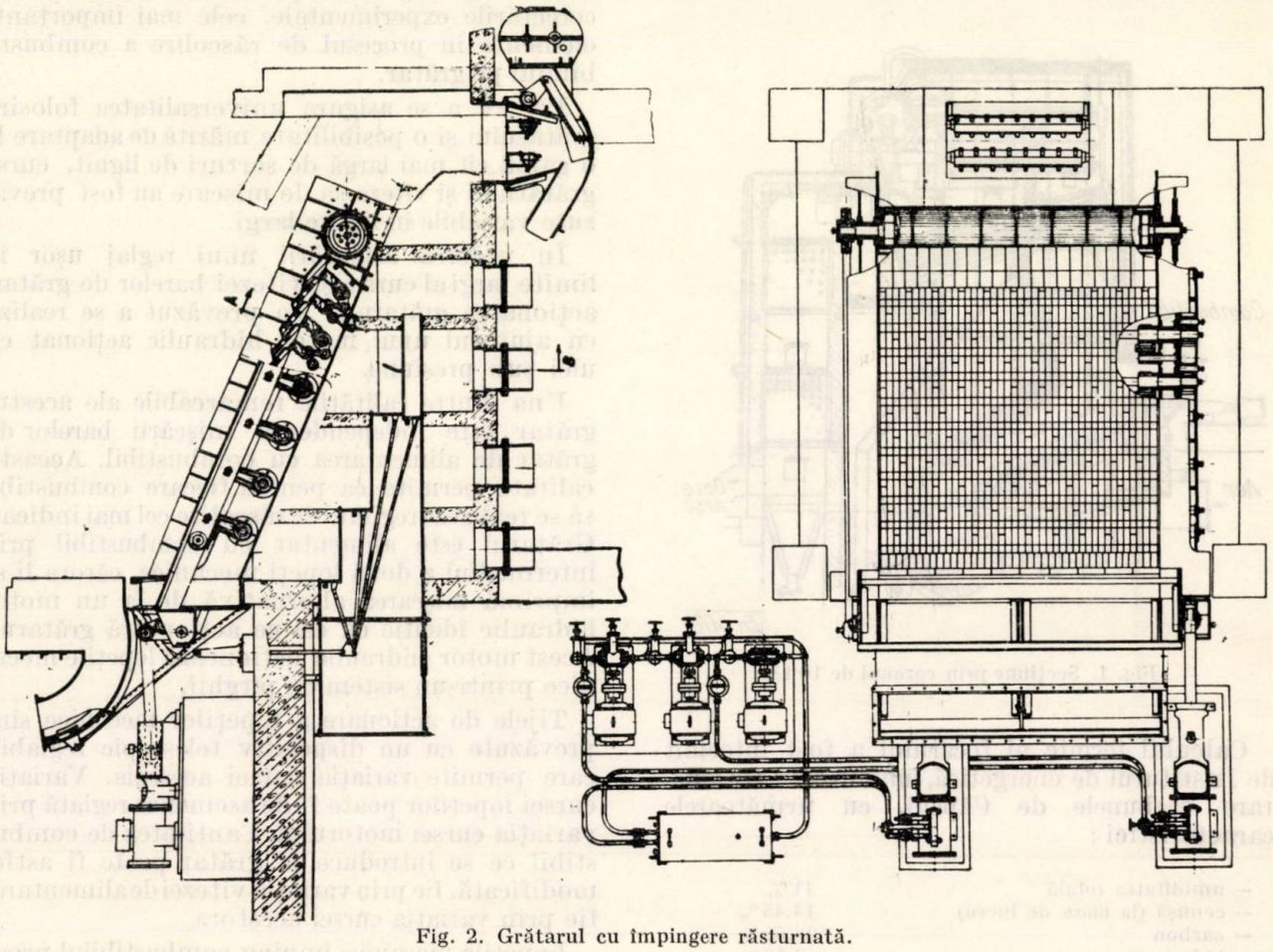


Fig. 2. Grătarul cu împingere răsturnată.

o lopată mecanică cu mișcare alternativă o evacuează în vagonetul de transport.

Focarul este alimentat cu aer la temperatura mediului ambiant. Aerul este insuflat cu un ventilator centrifugal cu debitul de 20 000 m³/h la presiunea de 180 mm CA, acționat cu un motor de 10 kW, 220/380 V la 3 000 rot/min.

Aerul refulat de ventilator este condus sub grătar în patru zone. Debitul și presiunea aerului insuflat în zone sînt reglate prin clapete de reglaj acționate centralizat din frontul cazanului, de la nivelul planșeului de deservire. Zonele de insuflare sînt prevăzute la bază cu buncăre de evacuare a căzăturii.

Evacuarea gazelor de ardere se realizează cu un ventilator centrifugal cu debitul de 40 000 m³N/h și depresiunea de 200 mm CA, acționat cu un motor electric de 40 kW, 220/380 V, 750 rot/min prevăzut cu un reglaj de turație sub sarcină. Reglajul de presiune în cazan se mai poate realiza cu ajutorul unei clapete de reglaj montată pe canalul de gaze de ardere la ieșirea gazelor din cazan.

Debitele de abur la care s-au efectuat măsurători au fost : 10 t/h, 8 t/h și 5 t/h, adică 100%, 80% și 50% din debitul maximal continuu.

Analizarea și aprecierea rezultatelor obținute

a) *Experimentarea instalației* s-a efectuat folosindu-se următoarele sorturi de lignit :

— Căpeni (sortul comercial)	0—350 mm
— Rovinari (sortul comercial)	0—350 mm
— Derna-Tătăruș (sortul comercial) (de la minele Ipu și Sărmășag)	0— 30 mm
— Filipeștii de Pădure (sortul comercial)	0—350 mm
— Borsec (sortul comercial)	0—350 mm

Încercările oficiale de omologare au fost efectuate pe cărbuni de Căpeni, Rovinari și Derna-Tătăruș, sortul 0—350 mm.

Analiza tehnică a combustibililor folosiți la experimentări este dată în tabela 2.

După cum se vede din această tabelă, puterea calorifică a tuturor ligniților se plasează sub puterea calorifică a lignitului de proiect. Dacă

din punct de vedere al umidității, lignitii folosiți la măsurători sînt similari cu cei din calcul, din punct de vedere al conținutului de cenușă lignitii folosiți diferă sensibil de lignitul din calcul, cenușa la masa uscată la lignitii folosiți fiind cu 30—90% mai mare decît la combustibilul pentru care s-a calculat instalația de ardere.

b) *Debitele măsurate de abur și de apă* la care au fost efectuate încercările experimentale sînt date în tabela 3.

c) *Valorile măsurate și valorile calculelor pentru ceilalți parametri importanți ai instalației* în cadrul probelor de omologare, față de valorile admise în calcul, sînt prezentate în tabela 4.

Tabela 2

Analiza tehnică a lignitilor experimentați pe grătarul cu împingere răsturnată

Bazinul carbonifer	Umiditatea %	Cenușă		Puterea calorifică inferioară kcal/kg
		la masa de lucru %	la masa uscată %	
Căpeni 0—350 mm	35,74—39,32	21,15—27,43	33,00—45,2	1 676—2 078
Rovinari 0—350 mm	42,49—44,46	17,70—22,26	30,80—40,0	1 755—1 895
Derna-Tătăruș 0—350 mm	34,50—38,03	21,71—28,89	33,2 —46,7	1 624—2 220
Filipeștii de Pădure 0—350 mm	27,26—33,13	30,08—38,71	45 —54,5	1 663—1 833
Borsec 0—350 mm	24,26	23,44	31,0	3 119
Instalația calculată ptr	41	14,45	24,5	2 320

d) Cu debitele măsurate, s-au calculat următoarele valori ale randamentului cazanului (tabela 5).

Sînt de făcut următoarele observații la valorile obținute pentru randamentul cazanului:

—ca urmare a înfundării buncărelor de cărbune la probele de 80% la Căpeni și Derna-Tătăruș, valorile randamentelor acestor probe se abat de la valorile obținute pentru probele de 50% și 100%;

— datorită variației în limite largi a calității combustibililor utilizați de la o probă la alta, nu se poate trasa o curbă de alură normală a variației randamentului funcție de sarcină.

Avînd însă în vedere că în exploatarea cazanului survin variații în limite largi ale calității combustibilului, pentru randamentul cazanului se apreciază ca valabil un domeniu de variație de

Tabela 3

Debitele măsurate la experimentarea grătarului

	Debit/combustibil	U/M	Căpeni 0—350 *	Rovinari 0—350 *	Derna-Tătăruș 0—350 *	Filipestii de Pădure 0—350	Borsec 0—350
50%Dn	Debit abur	kg/h	5 669	5 878	5 935	—	—
	Debit apă	kg/h	6 312	5 913	6 082	—	—
	Debit mediu (calcul) (medie apă-abur)	kg/h	5 991	5 895	6 009	—	—
	Eroare apă-abur	%	—10,2	—0,6	—2,4	—	—
	Eroare apă-calcul	%	— 5,44	—0,32	—1,2	—	—
80%Dn	Debit abur	kg/h	8 160	8 401	7 938	—	—
	Debit apă	kg/h	10 514	8 378	7 915	—	—
	Debit mediu (calcul) (medie apă-abur)	kg/h	9 337	8 390	7 932	—	—
	Eroare apă-abur	%	—22,4	+0,3	+0,4	—	—
	Eroare apă-calcul	%	—12,55	+0,14	+0,21	—	—
100%Dn	Debit abur	kg/h	9 527	10 631	9 696	10 166	12 643
	Debit apă	kg/h	10 869	10 681	10 290	10 037	12 524
	Debit mediu (calcul) (medie apă-abur)	kg/h	10 198	10 656	9 993	10 102	12 584
	Eroare apă-abur	%	—12,3	—0,5	—5,8	+1,3	+0,9
	Eroare apă-calcul	%	— 6,58	—0,19	—3,9	—0,65	+0,48

* Probe oficiale efectuate în vederea omologării instalației.

La probele efectuate pe cărbune de Căpeni există o eroare mai mare între debitele măsurate pe abur și pe apă, deoarece în timpul încercărilor s-a consumat abur saturat direct din tamburul cazanului pentru alimentarea pompelor duplex de siguranță, pompele electrice de alimentare cu apă ale cazanului avariindu-se în timpul experiențelor.

Din tabelă se observă că pe toți lignitii încercați cazanul a dat debite de 10 t/h, iar pe cărbune de Borsec debitul este de 12,6 t/h.

69 ÷ 75% față de 72%, considerat în calcul, în domeniul de variație a sarcinii de 50 — 100%, în

Tabela 4

Valorile parametrilor măsurați și rezultatele obținute pe instalația experimentală a cazanului de 10 t/h

Parametrul	U/M	Prevăzut în calcul 8t/h	Realizat în domeniul 5—10 t/h
Presiunea abur supraîncălzit	ata	—	14—15
Căderea de presiune în supraîncălzitor	ata	—	0,3—1
Temperatura aburului supraîncălzit	°C	350	382—456
Temperatura apei de alimentare	°C	100	70—90
Temperatura gazelor în focar	°C	1 045	792—987
Excesul de aer în focar	—	1,50	1,26—1,86
Temperatura gazelor la coș	°C	230	158—229
Excesul de aer la coș	—	1,8	1,45—1,98
CO la coș	—		max. 0,2
Temperatura aerului insuflat	°C	10	10—18
Presiunea aerului insuflat, conducta principală	mmCA	—	25—60
Zona I	mmCA	—	25—60
Zona II	mmCA	—	25—60
Zona III	mmCA	—	21—55
Zona IV	mmCA	—	7—37
Cursa barelor grătar	mm	250—270	150—220
Perioada	s/cursă	max.30	47—72
Pierderile de căldură la coș	%	15	9,46—15,3
Pierderile de căldură prin arderea chimic incompletă	%	1	0—0,6
Pierderile de căldură prin ardere mecanic incompletă	%	9	8,21—19,17
dintre care : în zgură	%	—	4,30—13,94
în căzătură	%	—	0,5—2,96
în antrenate	%	—	0,02—0,1

condițiile unui combustibil cu analiza tehnică cuprinsă în limitele :

— umiditatea totală	35—45%
— cenușa la masa uscată	30—45%
— puterea calorifică inferioară	1 650—2 200 kcal
— granulația	0—80 mm

e) Încărcările termice ale instalației de ardere și consumul specific de energie electrică față de valorile admise în calcul sînt prezentate în tabela 6.

f) Comparativ cu rezultatele obținute la încercarea altor tipuri de instalații de ardere echipate cu grătare existente în țară pe diverși combustibili, instalația de ardere propusă de Institutul de energetică realizează indici de performanță cu mult mai ridicați [80].

Concluzii

Din analiza rezultatelor obținute se pot trage următoarele concluzii :

a) Instalația de ardere echipată cu grătarul cu împingere răsturnată propus de Institutul de energetică funcționează în condițiile prevăzute în calcul pentru o gamă largă de sorturi de ligniți, proveniți din cele mai importante bazine din R.P.R.

b) Instalația de ardere asigură principalii indici funcționali chiar în cazul înrăutățirii sensibile a calității combustibililor.

Astfel grătarul funcționează în condiții normale cu un combustibil care are un conținut de praf de pînă la 40% ($R_5 > 60\%$) și o putere calorifică inferioară de pînă la 1650 kcal/kg.

c) Regimul de ardere realizat de instalație este stabil, se desfășoară la un nivel de temperaturi de circa 1 000°C în focar, nefiind necesară intervenția exterioară asupra stratului de combustibil, ca în cazul tuturor celorlalte tipuri de grătare încercate. Ca urmare a acestor calități grătarul permite o încărcare termică de circa (800—1 000) 10^3kcal/m²h respectiv de circa 400—500 kg combustibil/m²h, detașîndu-se astfel net de toate celelalte tipuri de grătar.

d) Deși instalația are deservire complet mecanizată, consumul specific de energie electrică se încadrează în limitele prevăzute în literatura de specialitate, variind în medie între 4 și 6 kWh/t abur.

e) Randamentul cazanului de 10 t/h echipat cu grătar cu împingere răsturnată atinge valori de 69÷75%, funcție de sarcina cazanului, la o variație a calității combustibilului cuprinsă între 1650 și 2 200 kcal/kg.

f) Tipul de grătar analizat poate fi aplicat cu adaptările corespunzătoare pentru o gamă de cazane cu debite cuprinse între 2—15 t/h, pentru arderea majorității ligniților din R.P.R. sortați la o granulație normală arderii în strat (30—80 mm).

g) Cazanul a fost omologat cu următoarele performanțe :

Debitul de abur	5—10 t/h
Presiunea nominală în tambur	16 kgf/cm²
Presiunea aburului la ieșirea din supraîncălzitor	14—15 kgf/cm²
Temperatura aburului supraîncălzit	350±30°C
Excesul de aer în focar	1,26—1,86
Depresiunea gazelor la ieșirea din focar	0—2 mmCA
Temperatura gazelor la coș	160—230°C
Excesul de aer la coș	1,5—1,9
Randamentul brut (5—10 t/h)	69÷75%

folosind un combustibil avînd :

Umiditatea totală	35—45%
Cenușa (la masa uscată)	30—45%
Puterea calorifică inferioară	1 650—2 200 kcal/kg
Granulația combustibilului	30—80 mm-(comercial)
din care :	0—30 mm : max.30%
	0— 5 mm : max.15%

Tabela 5

Valorile obținute pentru randamentul cazanului de 10 t/h la arderea diverselor sorturi de lignit

Combustibil	Parametrul	U/M	Sarcina cazanului		
			50%	80%	100%
Căpeni	Debit abur	kg/h	5 669	8 160	9 527
	Randament direct (abur)	%	73,86	59,10	73,14
	Debit apă	kg/h	6 312	10 514	10 869
	Randament direct (apă)	%	82,30	76,30	83,40
	Debit mediu	kg/h	5 991	9 337	10 139
	Randament direct (mediu)	%	78,05	67,37	78,25
	Randament indirect	%	68,77	66,50	62,99
	Eroare $\eta_d^{ab} - \eta_i$	%	− 6,89	+12,5	−13,88
	Eroare $\eta_d^{apă} - \eta_i$	%	−16,45	−12,85	−24,5
	Eroare $\eta_d^{med} - \eta_i$	%	−11,86	− 1,29	−19,50
Rovinari	Debit abur	kg/h	6 871	8 401	10 631
	Randament direct (abur)	%	72,38	70,60	73,66
	Debit apă	kg/h	5 913	8 378	10 681
	Randament direct (apă)	%	72,70	70,40	74,00
	Debit mediu	kg/h	5 895	8 390	10 656
	Randament direct (mediu)	%	72,59	70,51	73,96
	Randament indirect	%	72,66	70,03	72,33
	Eroare $\eta_d^{ab} - \eta_i$	%	−0,81	−1,94	−4,69
	Eroare $\eta_d^{apă} - \eta_i$	%	−0,33	−0,53	−2,26
	Eroare $\eta_d^{med} - \eta_i$	%	+0,10	−0,64	−2,20
Derna-Tătăruș	Debit abur	kg/h	5 935	7 948	9 686
	Randament direct (abur)	%	71,17	66,19	71,73
	Debit apă	kg/h	6 082	7 915	10 290
	Randament direct (apă)	%	72,90	65,90	76,00
	Debit mediu	kg/h	6 009	7 932	9 993
	Randament direct (mediu)	%	72,06	66,06	73,93
	Randament indirect	%	78,16	76,35	54,01
	Eroare $\eta_d^{ab} - \eta_i$	%	+9,72	+9,82	+15,35
	Eroare $\eta_d^{apă} - \eta_i$	%	+7,22	+15,83	−28,95
	Eroare $\eta_d^{med} - \eta_i$	%	+8,46	+14,06	−26,04

Tabela 6

Încălzirile termice și consumul specific de energie electrică la cazanul de 10 t/h echipat cu grătar cu împingere răsturnată

Parametrul		U/M	Admis în calcul	Realizat
Încărcare gravimetrică	Lignit de Căpeni	kg/m²h	332	260—437
	Lignit de Rovinari	,,	—	256—528
	Lignit de Derna-Tătăruș	,,	—	243—541
	Lignit de Filipești	,,	—	379—573
	Cărbune brun Borsec	,,	—	384
Încărcare termică a grătarului	Lignit de Căpeni	10^3 kcal/m²h	770	481—912
	Lignit de Rovinari	,,	—	433—925
	Lignit de Derna-Tătăruș	,,	—	516—878
	Lignit de Filipești	,,	—	694—953
	Cărbune brun Borsec	,,	—	1 200
Încărcare termică a focarului	Lignit de Căpeni	10^3 kcal/m³h	243	140—266
	Lignit de Rovinari	,,	—	126—270
	Lignit de Derna-Tătăruș	,,	—	150—256
	Lignit de Filipești	,,	—	202—278
	Cărbune brun Borsec	,,	—	350

Încărcarea gravimetrică a grătarului	240—540 kg/m²h
Încărcarea termică a grătarului	480—925 10^3 kcal/m²h
Încărcarea termică spațială a focarului	140—270 10^3 kcal/m³h

Bibliografie

[1] Pănoiu N., Carabogdan I., Singer G.: *Verbrennugsprobleme des Lignites der Rumänischen Volksrepublik.* Freiberger Forschungshefte A-175, pag. 148—155.

[2] Carabogdan I., Pănoiu N., Singer G.: *Criterii de apreciere energetică a combustibililor solizi.* Energetica nr. 7 (1960), pag. 316—320.

[3] Singer G., Nicolescu Tr.: *Încercări de ardere a două sorturi de lignit pe un grătar în trepte.* Studii și cercetări de energetică, VII (1957), nr. 4, pag. 777—782.

[4] Buimovici D., Cazacu C.: *Arderea lignitilor din R.P.R. în strat liniștit și în strat răscolit.* Studii și cercetări de energetică, VII (1957), nr. 1, pag. 7—19.

[5] Pănoiu N., Cazacu C.: *Aspecte ale arderii în strat a lignitilor din R.P.R.* Energetica, nr. 4 (1958), pag. 151—159.

[6] Buimovici D., Cazacu C., Pănoiu N.: *Arderea lignitilor din R.P.R. pe grătarul cu împingere răsturnată.* Studii și cercetări de energetică, VII (1957), nr. 1, pag. 21—32.

[7] Pănoiu N., Cazacu C., Singer, G., Carabogdan I.: *Instalație de arderea lignitilor în strat.* Metalurgia și construcția de mașini XI (1959), nr. 11, pag. 967—969.

[8] Pănoiu N., Carabogdan I., Singer G.: *Considerații privind arderea lignitilor din R.P.R. pe grătarul cu împingere răsturnată propus de I. E.* Studii și cercetări de energetică (1961), nr. 4, sub tipar.

O lucrare de rețea electrică subterană pe munte

Ing. *AL. VLAD*

A. Datele tehnice ale lucrării

Una dintre întreprinderile Trustului de construcții și montaje energetice a executat o rețea electrică subterană pentru alimentarea unui grup de consumatori.

Noutatea și mai ales greutățile inerente executării unei atari lucrări pe munte au pus spre rezolvare, atît proiectării, cît și execuției, probleme tehnice și de transport de materiale deosebit de interesante, din analiza cărora se pot trage învățăminte folositoare pentru viitoarele lucrări de acest gen.

Datele tehnice de care trebuia să se țină seamă în proiectarea lucrării erau următoarele:

— Lungimea traseului 12 000 m
— Diferența de nivel dintre punctul de plecare și cel de sosire 970 m
— Tensiunea de alimentare 10 kV

— Alimentarea trebuia făcută printr-un tronson de linie aeriană lung de 4 km, continuat cu rețeaua subterană.

— Configurația terenului: un masiv muntos cu înălțimea maximă 2500 m; la creastă un platou aproape orizontal, terminat printr-o pantă accentuată spre ultimul consumator; coboară în trepte și abrupturi spre gările de destinație.

B. Traseul rețelei subterane

Ținînd seamă de configurația terenului și de consumatorii de alimentat, traseul cablului s-a împărțit în 3 tronsoane.

Tronsonul I, lung de 1 700 m, de la intrarea liniei aeriene, pînă la primul post de transformare, urcă pe o pantă medie de 28% (pe anumite porțiuni panta este mai accentuată) cu o diferență de nivel de 470 m.

Tronsonul II, lung de 6 000 m, urmează creasta masivului pe un teren relativ plan cu o diferență de nivel de numai 230 m.

Tronsonul III, lung de 3 000 m, urmează din nou o pantă mai accentuată cu o diferență de nivel de 300 m.

C. Tipul de cablu întrebuințat

Din cauza diferenței mari de altitudine, circa 1 000 m, și a altitudinii maxime la consumatorul final (2485 m), nu putea fi vorba de un cablu cu izolație în ulei; aceasta s-ar fi scurs la părțile de jos provocînd spargerea izolației.

Nici folosirea unui cablu în ulei cu manșoane de stopare nu era indicată; numărul mare de manșoane, impuse de diferența de nivel mare, ar fi dus la secționarea cablului în tronsoane prea mici.

Ca urmare, s-a ajuns la soluția alegerii unui cablu 3×50 Cu 10 kV, izolație uscată, de tip sovietic O.S.B.V.

Cablul ales are o greutate de 12 kg/ml, este rulat pe tamburi de 5 800—7 000 kg/per/buc.; un tambur are diametrul de 2,75 ml și lățimea de 1,75 m; pe un tambur se rulează 400—500 ml cablu.

D. Transportul și pozarea cablului

Odată cablul ales, trebuiau studiate mijloacele de transport capabile să permită:

— transportul unei sarcini concentrate de 6—7 t;

— cu cît mai puține operații de manipulare;

— pe cît posibil, aceleaşi mijloace să servească atît la transport cît şi la derularea cablului pe traseu, acolo unde terenul ar fi permis acest lucru.

Examinînd diferitele posibilităţi de transport, s-a ajuns la necesitatea confecţionării

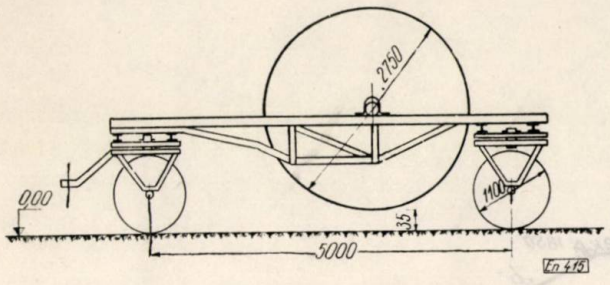


Fig. 1 — Remorcă specială. Schemă longitudinală

unei remorci, care, trasă de maşini pînă într-un punct la poalele munţilor, să poată fi preluată, gata încărcată, de alt mijloc de transport şi dusă mai departe pe munte, aceasta din cauză că o transbordare pe traseu era — practic — imposibilă.

S-au studiat toate tipurile de remorci, biax şi monoax, în serviciu la unităţile TCME, PTTR şi Ministerul Petrolului: nici unul din tipurile existente nu corespundea nevoilor, pentru că:

— nici una nu putea (la un gabarit cît mai mic) să încarce o sarcină de 6—7 tone;

— lăţimea remorcilor în serviciu era prea mică faţă de aceea a tamburului (care are 1,75 m lăţime).

S-a ajuns în cele din urmă la soluţia construcţiei unei remorci *cu centrul de greutate jos*

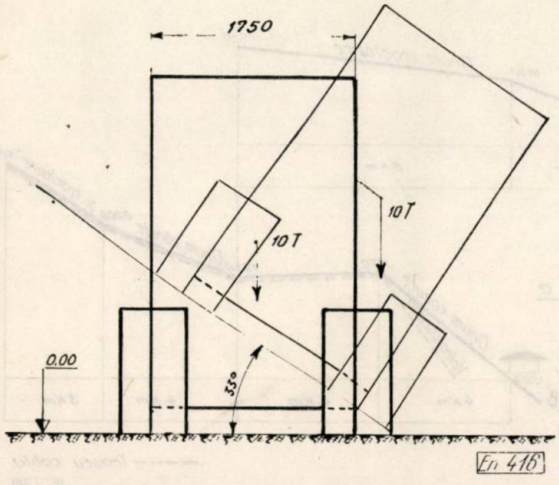


Fig. 2 — Graficul stabilităţii transversale

de o lăţime depăşind pe cea a tamburului de cablu. Remorca formată s-a realizat prin combinarea a două remorci monoax, cuplate între ele prin două lonjeroane metalice (grinzi compuse); este demontabilă; ariertrenul prins de grinzi prin şuruburi se desface pentru a permite încărcarea tamburului cu cablu.

Aceasta stă pe o bară rotundă de oţel (D=80 mm), trecută prin axul lui, bară care se reazemă pe lonjeroane la 1/12 din lungimea remorcii, partea inferioară a tamburului la 35 cm deasupra nivelului terenului (fig. 1).

Stabilitatea sistemului este perfect asigurată pentru pante transversale de pînă la 30° (fig. 2); nu sînt necesare contravîntuiri de nici un fel; remorca are şi dispozitiv de frînare cu aer comprimat, alimentat de la compresorul maşinii tractor.

Greutatea remorcii, împreună cu tamburul de cablu, se ridică la circa 10 t.

E. Organizarea transportului cablurilor în soluţia tehnico-economică cea mai avantajoasă

S-a făcut o recunoaştere amănunţită a zonei lucrărilor, constatîndu-se următoarele (fig. 3):

1. Din cele două gări de primă destinaţie, gara *A* s-a exclus de la început, din cauză că în apropierea ei un pod slab nu avea tonajul corespunzător; şoseaua însă era în bună stare de circulaţie de la acest pod la poalele munţilor.

2. Din gara *B* existau două şosele spre poalele munţilor:

Şoseaua *a*, de 11 km lungime, bună pînă la cota 1 527, dar avînd curbe de rază mică, care trebuiau corectate ca să permită înscrierea trenului de transport, autocamionului remorcă, lung de 19 m; îmbunătăţirea acestei şosele ar fi reclamat cheltuială mare şi timp îndelungat de lucru.

Şoseaua *b*, satisfăcînd mai bine nevoile de transport, însă mai lungă (32 km), permitea să se ajungă în şoseaua de afluire din gara A (excluzînd podul necorespunzător).

Alegerea soluţiei *a* sau *b* trebuia să ţină seamă nu numai de cheltuieli şi de timpul lung de lucru necesitat de îmbunătăţirea şoselii *a*, ci şi de amenajarea drumurilor hipo accesibile pentru tractoare şi de posibilităţile ulterioare de transport pe munte.

3. De la punctele terminus ale transporturilor auto existau iarăşi două posibilităţi de transport la creastă (odată ajunse pe creastă, transporturile pe platou nu mai prezentau greutăţi deosebite).

În soluţia *a* distanţa pînă la creastă era de numai 5 km. Exista un drum hipo îngust cu pante longitudinale pînă la 30°, traseul foarte sinuos, urmărind versanţii muntelui, în general săpat în stîncă, curbe cu raze foarte mici.

Pentru a putea fi folosit, acest drum necesită importante lucrări de amenajare, ca lărgiri în cale curentă, îndepărtări de stînci şi bolovani, amenajări de curbe cu raza corespunzătoare, scop în care trebuiau executate

ziduri de sprijin şi umpluturi; lucrările cereau masive dislocări de stînci, cu explozibil, ceea ce ar fi dus la oprirea circulaţiei pentru a se evita accidentele, într-o zonă din cele mai frecventate.

De la punctul terminus al transporturilor auto, în soluţia *b*, cota 1200, accesul pe munte era mai lesnicios, pe această parte masivul muntos conducînd spre şes în pante prelungi, de maximum 25°; terenul era mai puţin stîn-

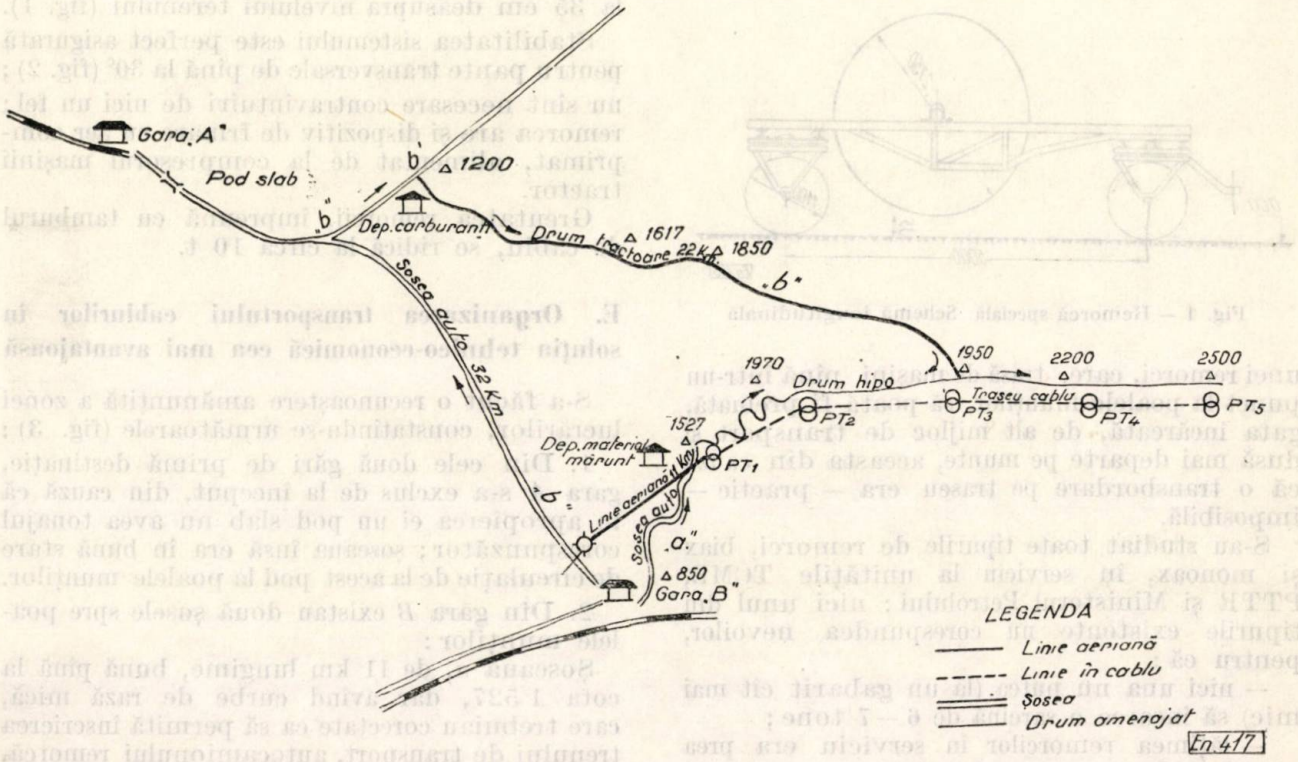


Fig. 3 — Schiţa regiunii şi lucrărilor executate

În soluţia *b* transporturile auto erau mai lungi ca în soluţia *a*, costul lor însă era inferior cos, puncte obligatorii de trecere şi posibilităţi de lucru mai uşoare.

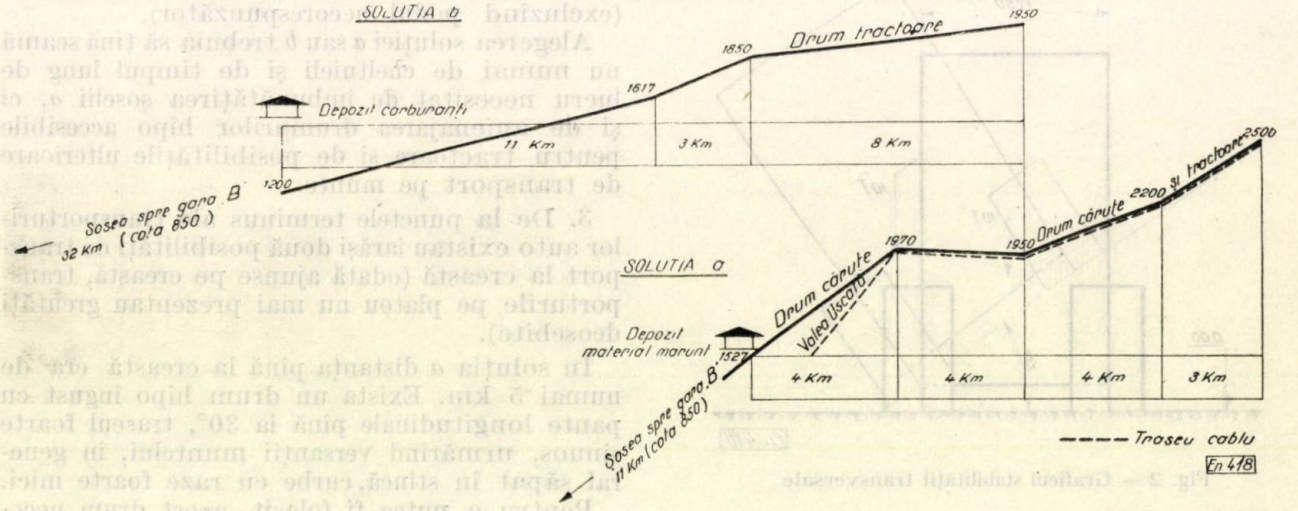


Fig. 4 — Graficul posibilităţilor de acces în munte din gara „B"

cheltuielilor cerute de amenajarea şoselii *a* şi transporturile erau mai sigure.

Deşi pînă la platou itinerariul ales prin recunoaşteri însuma 10 km, amenajarea unui

drum de pătrundere s-a estimat și s-a executat mult mai ușor ca în soluția *a*. S-au creat numai cîteva porțiuni de drumuri, umpluturi de viroage și spargeri de praguri de stîncă (cu explozibil); în rest s-a mers cu tractoarele pe teren natural, ca și pe platou, astfel că întreaga lucrare n-a cerut mai mult decît 800—1 000 oameni-zile.

Comparînd cele două soluții atît din punct de vedere tehnic cît și economic, s-a ales în final soluția *b* ca fiind mai ieftină și mai sigură (fig. 4).

F. Organizarea teritoriului

—Un punct de alimentare cu carburanți și lubrifianți la poalele munților (cota 1 200).

—O magazie de materiale mărunte și ciment pe traseul *a* într-un punct convenabil (cota 1527); de aici, aceste materiale s-au transportat pe o parte din traseu cu mijloace hipo pe drumul *a*.

G. Cazarea oamenilor

S-a făcut, după necesități, la cabanele din zonă.

Hrănirea oamenilor s-a făcut cu hrană caldă preparată pe munte la cabane și în bucătării de campanie.

H. Execuția lucrărilor

Execuția lucrărilor a comportat următoarele etape:

1. *Amenajarea drumului de acces.* Aceasta s-a executat în 22 de zile, folosindu-se în medie 40 oameni zilnic, din care 8—10 mineri.

Lucrarea s-a executat în grele condiții meteorologice (frig și ploi continue), precum și cu mari variații de temperatură.

Pentru dislocarea stîncilor sau tăierea drumului în piatră s-a folosit exploziv.

2. *Transportul tamburilor de cablu*, aduși cu vagoanele CFR în gara *B*, s-a făcut folosindu-se o mașină Skoda de 7 t (încărcată cu 3 t balast pentru mărirea aderenței), tractînd remorca specială încărcată, așa cum s-a arătat mai sus.

3. *Transporturile* s-au executat cu tractoare pe șenile.

Durata traiectului era de 16 ore la urcare și 12 ore la coborîre, cu plecarea din și sosirea în gara *B*.

Deși din calcule a reieșit că pentru efectuarea transporturilor era suficient un tractor „Kirov" de 80 CP, cînd primul tren de transport s-a angajat pe pantă s-a constatat că un singur tractor nu poate trage cele 10 t cît însuma remorca încărcată; randamentul motoarelor scădea pe măsură ce altitudinea creștea (din cauza scăderii presiunii atmosferice, scădea și gradul de umplere a cilindrului).

Din această cauză s-a dublat numărul tractoarelor, fiecare remorcă încărcată trebuind trasă de către două tractoare (fig. 5, 6 și 7).

Viteza de mișcare nu a depășit 1,5 km/oră în pantă și 3 km/oră pe platou, atît din cauza pantelor mari cît și din cauza prudenței deosebite cu care trebuia condus utilajul pe drumuri înguste, la mari înălțimi, pe versanții văilor, la trecerea locurilor periculoase, viroagelor etc.

Fig. 5 — Pe „Valea Uscată" la cota 1 700 — pîrghie omologată de ski.

Fig. 6 — Urcare spre cota 2 000

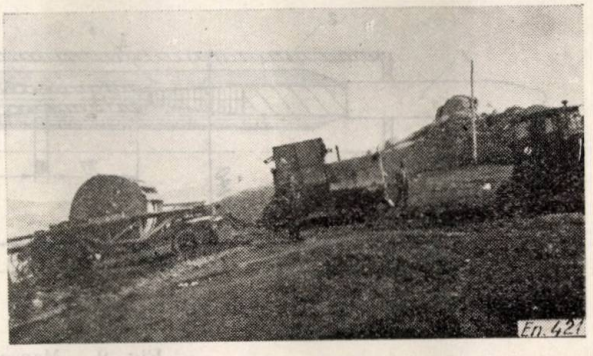


Fig. 7 — Repaus la cota 2 200

Pe parcurs, transporturile de cablu au fost prevăzute cu echipe de însoțire de 8—10 oameni (fig. 8):

— pentru eventuale defecțiuni pe timpul transporturilor auto;

— pentru întreținerea și repararea drumului de acces;

— pentru descărcarea tamburilor la punctele indicate pe traseu.

4. *Lucrările de săpătură a rețelei subterane* s-au început de la cota 2 500 spre sursa de ali-

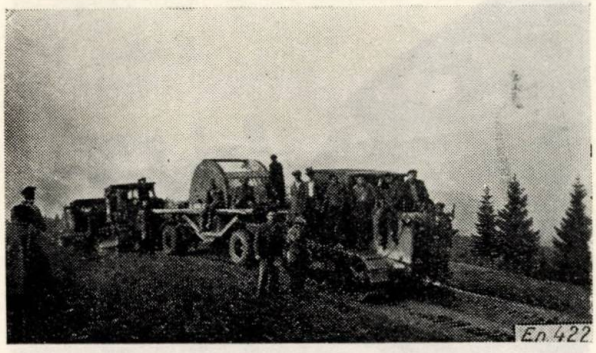


Fig. 8 — Repaus la cota 1 850 pe traseul „b".

mentare cota 1 500, pentru ca sfîrșitul perioadei nefavorabile pentru lucru să găsească lucrarea la o altitudine mai mică și în condiții meteorologice mai bune față de cele de sus, pe platoul muntelui.

S-au folosit în medie 40 săpători și 10 artificieri minieri zilnic, care au executat șanțul pentru pozarea cablului (lungimea 12 000 m) în 65 zile.

Terenul foarte tare și stîncos, pe 2/5 din lungimea traseului, a cerut eforturi mari săpătorilor și mai ales minerilor care au folosit,pentru forare, explozibil industrial.

În privința săpăturilor de șanțuri pe munți s-au observat următoarele:

— Săpăturile trebuie să se execute numai pe măsura și pe porțiuni corespunzătoare lungimii cablului de pe un tambur; odată executat, să se pozeze cablul și să se astupe imediat șanțul; altfel ploile surpă și umplu șanțul cu pământ și bolovani.

— La folosirea explozibilului și, în raport cu natura rocilor, a fost foarte greu de apreciat manopera necesară profilului de realizat; dacă se folosește cantitatea de explozibil necesară realizării adîncimii, atunci craterul obținut prin explozie este mai larg ca profilul de realizat și prin aceasta apare un plus de manoperă pentru evacuarea materialului rezultat din explozie, un plus de nisip și cărămizi și un plus de manoperă pentru astuparea șanțului.

— Dacă doream să obținem îngustime, atunci trebuiau executate explozii de mai mică adîncime, însă pe 2—3 straturi suprapuse, ceea ce ducea la creșterea consumului de explozibil.

5. *Derularea cablului* s-a făcut, în bună parte, direct de pe remorca cu care a fost transportat, acolo unde remorca a putut urma traseul cablului, în special pe platou, și atunci cînd s-au putut sincroniza transporturile de cablu cu săparea șanțului, adică pe circa 8 km din lungime.

Pe rest cablul s-a derulat pe role, tras de oameni.

6. *Pentru înnădirea tronsoanelor de cablu* s-au folosit manșoane de joncțiune, din fontă de tip 35 kV; pe porțiunile de pantă accentuată s-au folosit manșoane de joncțiune și stopare de tipul arătat în figura 9.

Tot pe porțiunile de pantă accentuată, spre a se evita lunecarea, s-au folosit 14 dispozitive de ancorare a cablului (fig. 10). Ancorările s-au făcut numai la capetele din sus ale fiecărui cablu.

7. O caracteristică a situației în care se exploatează acest cablu o constituie faptul că el nu a fost protejat cu cărămidă și nici marcat cu plăcuțe de plumb.

În loc de cărămidă s-au folosit plăci de piatră existentă pe munte; pentru motive de ordin economic, nu s-a considerat necesar să se marcheze cablul, pentru că nu se întrevede posibilitatea apropiată a pozării unor alte cabluri pe același traseu.

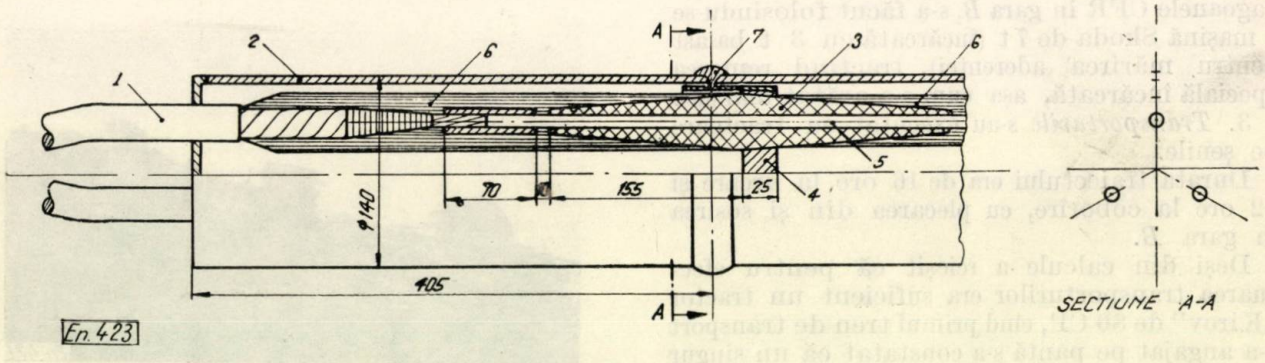


Fig. 9 — Manșon de joncțiune și stopare:

1 — cablu OSBV—10 kW. — 3 × 95; 2 — mufă oțel; 3 — opritor de bachelită; 4 — perete despărțitor de textolit; 5 — bară de cupru; 6 — izolație de hîrtie uleiată; 7 — lipitură.

S-a făcut însă marcajul exterior prin borne din țeavă de 2", lungi de 2,50 m.

8. *Posturile de transformare* s-au executat în paralel cu celelalte lucrări, cu o medie lunară de zece constructori și doi montori.

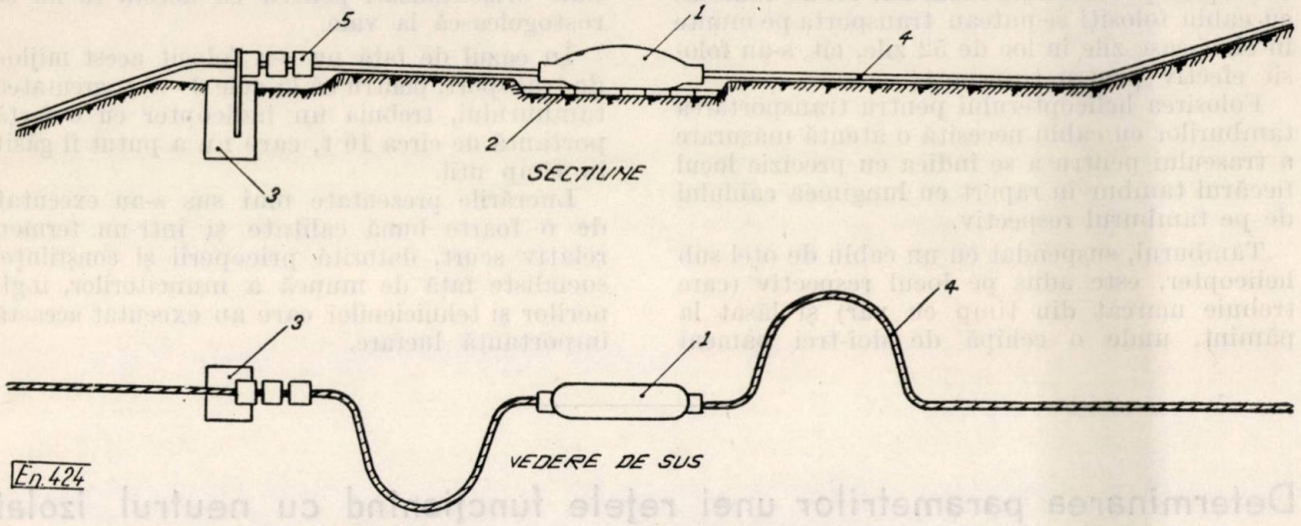


Fig. 10 — Montarea și ancorarea manșoanelor pe teren în pantă:
1 — manșon de legătură; 2 — platformă; 3 — masiv de ancorare; 4 — cablu; 5 — sabot de stejar.

În afară de ciment și var, care s-au adus din gara *B*, restul materialelor (piatră de construcție, balast, apă) s-au exploatat de pe munte.

Transporturile s-au efectuat în parte cu mijloace hipomobile; construcția posturilor nu a pus probleme deosebite.

Experiența dobîndită pe timpul realizării lucrării a scos în evidență o serie de elemente demne de ținut în seamă, astfel:

1. În mare măsură proiectarea nu poate duce la întocmirea unei documentații complete cu date precise, din punctul de vedere al naturii terenului și cuantumului mijloacelor de transport necesare, din cauza multiplelor neprevăzute ce le oferă terenul pe munte.

Diversele prescripții tehnice și norme de lucru trebuie considerate cu coeficientul de siguranță de pînă la 50% în raport cu terenul în cîmpie. Nu se poate întocmi o asemenea documentație după normele în vigoare obișnuite.

2. Un factor hotărîtor în executarea acestui gen de lucrări în munte îl constituie mîna de lucru.

Din experiența acestei lucrări s-a dovedit că numai muncitori permanenți, și mai ales oameni de la munte, pot fi folosiți la lucrări de importanța celei în cauză; dacă ținem seamă că în munte lucrul nu se poate prelungi peste 15—30 septembrie, dată cînd înghețul împiedică desfășurarea și manipularea cablului, apare ca evident că pentru lucrări mari și cu termene scurte nu este recomandabilă folosirea muncitorilor flotanți.

3. Folosirea altor mijloace de transport este posibilă numai dacă ele corespund sarcinilor și pot executa transporturi economice, așa spre exemplu:

a) *Funicularele*, dacă se găsesc în zonă, pot fi folosite numai dacă pilonii și cablul purtător sînt dimensionați pentru tonajul respectiv și dacă gabaritul, la punctele de suspendare a cablului, permite trecerea sarcinii. În cazul de față funicularul existent în zona în care s-a lucrat nu suporta sarcini mai mari decît o tonă, iar gabaritul era mult prea redus pentru trecerea tamburilor în dimensiunile arătate mai sus ($D = 2{,}75$; $L = 1{,}75$).

În plus, pentru asemenea transporturi, trebuie amenajate, în cale curentă, schele în linii aeriene, pentru devierea și descărcarea cărucioarelor sau dispozitivelor de purtare a tamburilor de cablu, ceea ce reclama instalații costisitoare și operații de încărcare și descărcare repetate și greoaie.

b) *Mijloacele hipomobile* de transport nu dau randamente apreciabile pentru că:

— au capacitate redusă, ceea ce le face proprii numai transporturilor de materiale mărunte;

— sînt costisitoare;

— uzează foarte mult atelajele și pe conductori; în caz de timp nefavorabil, ele sînt coborîte de pe munte la adăpost; după fiecare ploaie, drumurile de pantă suferă distrugeri mari, care reclamă folosirea de importante forțe de muncă pentru întreținerea și menținerea în bună stare a lor;

— nu pot asigura continuitatea transporturilor.

c) Un mijloc modern de transport ce poate fi folosit pentru asemenea lucrări este *helicopterul de mare tonaj* (10—12 t). Acesta este un mijloc rapid și foarte economic pentru că:

— ne scutește de construirea de drumuri lungi și costisitoare (în cazul de față s-au cheltuit circa 2% din valoarea lucrării numai pentru drumuri) și de folosirea de multiple și

greoaie mijloace de transport (care au costat în cazul de față 10 % din valoarea totală a materialelor transportate);

— sînt foarte rapide, putînd executa ușor cinci-șase transporturi pe zi, din gara de destinație pînă pe traseu; în cazul dat cei 28 tamburi cu cablu folosiți se puteau transporta pe munte în cinci-șase zile în loc de 52 zile, cît s-au folosit efectiv pentru transport.

Folosirea helicopterului pentru transportarea tamburilor cu cablu necesită o atentă măsurare a traseului pentru a se indica cu precizie locul fiecărui tambur în raport cu lungimea cablului de pe tamburul respectiv.

Tamburul, suspendat cu un cablu de oțel sub helicopter, este adus pe locul respectiv (care trebuie marcat din timp cu var) și lăsat la pămînt, unde o echipă de doi-trei oameni dezleagă cablul fără ca helicopterul să aterizeze; o altă echipă de cinci-șase oameni servește la pregătirea și prinderea tamburului de helicopter în gara de destinație.

Pe pante, amplasamentul tamburului trebuie orizontalizat, pentru ca acesta să nu se rostogolească la vale.

În cazul de față nu s-a folosit acest mijloc de transport, pentru că la cele 6 —7 t, greutatea tamburului, trebuia un helicopter cu o forță portantă de circa 10 t, care nu a putut fi găsit în timp util.

Lucrările prezentate mai sus s-au executat de o foarte bună calitate și într-un termen relativ scurt, datorită priceperii și conștiinței socialiste față de muncă a muncitorilor, inginerilor și tehnicienilor care au executat această importantă lucrare.

Determinarea parametrilor unei rețele funcționînd cu neutrul izolat sau tratat prin bobină de stingere în cazul unui defect monofazat la pămînt

Ing. *M. STEIN* și ing. *M. PENESCU*

La proiectarea protecției și în exploatarea rețelelor apare ca utilă posibilitatea analizării rapide a comportării acesteia în cazul producerii unui defect monofazat la pămînt.

În cele ce urmează se descrie o construcție grafică cu ajutorul căreia variația diferiților parametri ai rețelei poate fi urmărită ușor.

Acești parametri sînt:

— tensiunea fiecărei faze față de pămînt;
— deplasarea punctului neutru;
— tensiunea homopolară;
— curentul de punere la pămînt;
— decalajele (unghiurile) între vectorii de mai sus.

Valorile de mai sus pot fi determinate pentru orice valori ale rezistenței în defect și ale gradului de compensare a rețelei în funcție de raportul G/B, în care:

$$G = \frac{1}{R} \quad (R \text{ fiind rezistența în defect})$$

și

$$B = 3\,C\omega \quad (C\omega \text{ fiind susceptanța rețelei})$$

$$\left(\text{resp. } B = \frac{1}{L\omega} - 3\,C\,\omega\right).$$

La stabilirea construcției grafice ce urmează s-a pornit de la schema echivalentă a unei rețele cu neutrul izolat sau tratat prin bobină, afectată de o punere la pămînt monofazată.

Schema echivalentă este aceea din figura 1.

Se menționează că în calculele ce urmează s-au neglijat pierderile active transversale și impedanțele longitudinale ale rețelei, acestea neinfluențînd în mod practic calculul.

După cum se vede din figura 1, tensiunea pe fază a rețelei U_f este echilibrată de căderile de tensiune U_0 și U_R', care sînt decalate între ele la 90°.

Deoarece în ipoteza de mai sus, acest unghi rămîne tot timpul constant, se vede imediat că locul geometric al vîrfurilor triunghiurilor formate din vectorii U_f, U_0 și U_R' este un cerc cu diametrul egal cu U_f. Se vede de asemenea că vectorul U_0 reprezintă deplasarea punctului neutru al rețelei, iar vectorul U_R' căderea la

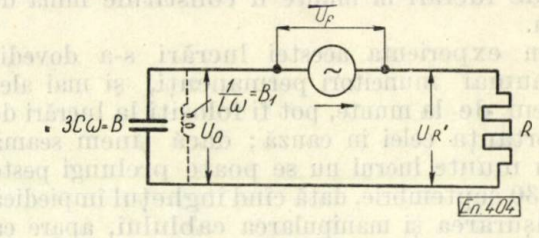


Fig. 1.

tensiune pe rezistența în defect. Vectorii $O''U_R$, $O''U_S$ și $O''U_t$ reprezintă tensiunile între fază și pămînt ale rețelei.

Din figura 2 reiese că în cazul cînd $R = 0$, atunci $U_R = 0$, punctul O'' deplasîndu-se în vîrful vectorului U_f. Curentul din circuitul din figura 1, adică curentul de punere la pămînt monofazată, este în avans, respectiv în urmă

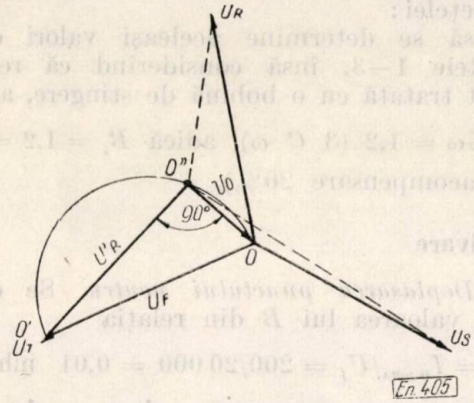


Fig. 2. Cu linie punctată sînt figurate tensiunile între fază și pămînt, după deplasarea punctului neutru.

cu 90° în raport cu tensiunea U_0, și este în fază cu tensiunea U_R'. Sensul curentului este determinat de natura inductivă sau capacitivă a impedanței din rețeaua de secvență homopolară.

Curentul de punere la pămînt monofazat, maxim I_{0max}, se calculează din relația:

$$I_{0max} = U_0 B$$

(prin I_{0max} se înțelege curentul în cazul unui defect prin rezistență $R = 0$).

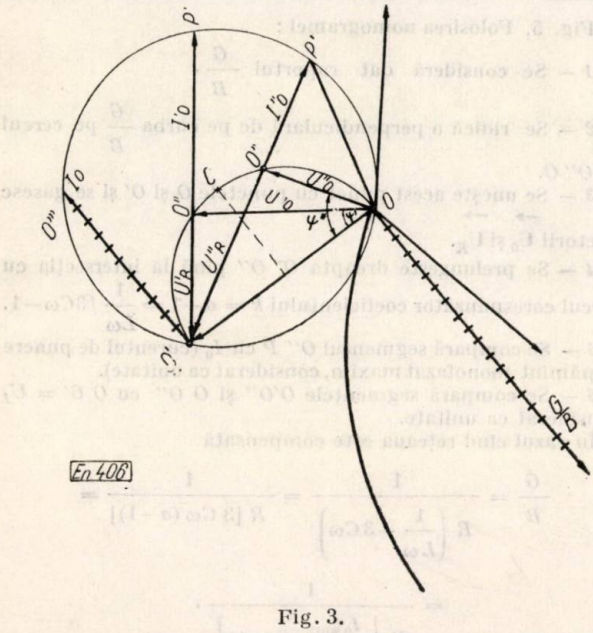


Fig. 3.

Dacă se alege o scară convenabilă, curentul poate fi reprezentat, ca în figura 3, în prelungirea vectorului U_R' și în avans (sau în urmă) cu 90° față de vectorul U_0. Vîrful vectorului I_0 se va deplasa de asemenea pe un cerc de rază OC cu centrul în C.

În acest caz segmentele care reprezintă curentul $O''P$ vor fi egale cu segmentele care reprezintă tensiunea U_0, OO'', deci $I_0 = U_0$. Pentru ca cele de mai sus să fie valabile, trebuie ca să considerăm pe $B = 1$.

Dacă se consideră curentul I_0 max egal cu unitatea, atunci curenții I_0', I_0'' etc. pot fi găsiți comparînd segmentele respective $O''P$ cu I_0 max (segmentul $O'\,O'''$). Același lucru este valabil pentru determinarea valorii tensiunilor U_0 și U_R' dacă se consideră tensiunea U_f (tensiunea pe fază a rețelei) egală cu unitatea.

Făcînd raportul U_0/U_R', se poate scrie:

$$U_0/U_R' = \frac{I_0 B}{I_0 R} = I_0/RI_0 = \frac{1}{R} \qquad (1)$$

(deoarece s-a convenit că $B = 1$).

Din figura 3 reiese că:

$$\text{Ctg}\ \psi = U_0/U_R' \qquad (2)$$

deci:

$$\text{Ctg}\ \psi = \frac{1}{R} = \frac{G}{B}. \qquad (3)$$

Trasînd curba Ctg $\psi = G/B$, se poate determina imediat punctul O'', deci toate celelalte valori, așa cum s-a arătat.

În cazul cînd rețeaua este compensată, I_0 va fi, bineînțeles, mai mic decît în cazul precedent și poate fi calculat din relația:

$$I_0 = U_0\left(\frac{1}{L\omega} - 3C\omega\right) = U_0\,(B_i - B_c) \qquad (4)$$

(se consideră ca interesant cazul supracompensării, care se întîlnește mai des în practică).

Și în acest caz curentul va fi decalat la 90° față de tensiunea U_0, iar valoarea sa va fi pentru $(B_i - B_c) = \text{const.}$ în permanență proporțională cu tensiunea U_0, numai că în acest caz, spre deosebire de cel precedent, factorul de proporționalitate nu va mai fi egal cu 1, ci cu

$B_i - B_c$, adică cu $B_i - 1$

$(B_c = 3\,C\,\omega = 1)$.

Deci relația (4) devine:

$$I_0 = U_0\ (B_i - 1). \qquad (5)$$

Denumind diferența $B_i - 1 = k$, obținem:

$$I_0 = k\,U_0. \qquad (6)$$

Deci factorul de proporționalitate va fi k.

Din figura 4 se vede că pentru a obține raportul $U_0/I_0 = \text{constant} = k$, este nevoie ca triunghiurile $O''PO$ pentru diverse poziții ale punctului O'' (adică pentru diverse rezistențe

de defect R) să fie asemenea între ele. Condiția necesară și suficientă este ca unghiul α să fie menținut constant.

Acest lucru se întîmplă cînd punctul P descrie un cerc ; OO' va fi una din corzile acestui

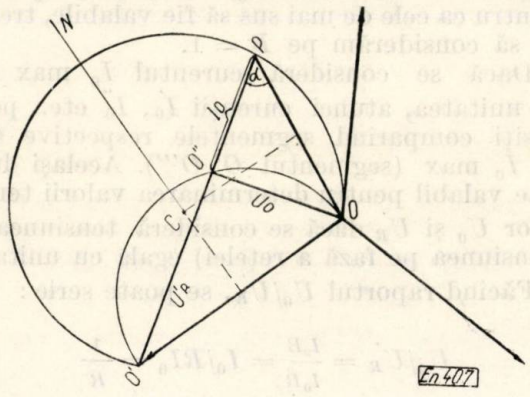


Fig. 4.

cerc și această coardă va fi comună tuturor cercurilor corespunzătoare diverselor rapoarte k, deoarece toate aceste cercuri trebuie să treacă prin punctele O și O'. Se știe că centrul cercului este situat la intersecția perpendicularelor ridicate din mijlocul a două coarde. Deci centrele cercurilor se vor găsi pe dreapta $N-N$. Ducînd perpendiculare se determină centrul C al tuturor cercurilor.

Cercurile vor fi gradate în raport cu valorile lui k, egal la rîndul său cu $B_i - 1$ sau, considerînd factorul de compensare

$$a = \frac{B_i}{B_c} = \frac{1/L\omega}{3\,C\omega} = B_i \qquad (7)$$

(deoarece conform convenției $B_c = 3\ C\omega = 1$)

$$k = a - 1\,; \qquad (8)$$

curenții se determină deci în cazul rețelelor compensate în mod analog ca în rețelele necompensate, cu observația că punctele P se vor găsi pe cercul corespunzător factorului de compensare a, respectiv k.

În figura 5 se dă diagrama definitivă pentru calculul rapid al valorilor mai sus arătate.

La folosirea diagramei se va avea în vedere că în regim de supracompensare cercurile sînt situate deasupra axei NN, iar în regim necompensat (capacitiv) dedesubtul axei NN, sistemul de folosire a diagramei fiind identic.

Pentru a se arăta cum se poate folosi construcția grafică prezentată, se dă mai jos un exemplu de calcul.

Exemplu de calcul

Se consideră o rețea de 35 kV, cuprinzînd multe linii de cabluri. Rețeaua are un curent capacitiv necompensat $I_{0max} = 200$ A.

Să se determine : pentru o rezistență de defect de 500 ohmi :

1. deplasarea punctului neutru și valoarea tensiunii U_0 ;
2. curentul de punere la pămînt monofazată ;
3. valorile tensiunilor între fază și pămînt ale rețelei ;
4. să se determine aceleași valori ca la punctele 1—3, însă considerînd că rețeaua a fost tratată cu o bobină de stingere, astfel :

$1/L\omega = 1{,}2$ $(3\ C\ \omega)$, adică $B_i = 1{,}2 = a$ (supracompensare 20%).

Rezolvare

1. *Deplasarea punctului neutru.* Se determină valoarea lui B din relația

$$B = I_{0\,max}/U_f = 200/20\,000 = 0{,}01 \quad \text{mho}$$

Se găsește raportul $G/B = \frac{1}{RB} = \frac{1}{500 \times 0{,}01} =$ $= 0{,}2$.

Se determină pe diagramă (pe cercul sub axa $N\,N$) punctul O'' corespunzător raportului G/B găsit, deci deplasarea punctului neutru.

Se observă că acest punct se găsește pe cercul $OO''O'$ (sub axa NN) la o distanță de 0,25 punctul O.

Considerînd tensiunea U_f adică dreapta OO' egală cu unitatea, se vede că :

$$V_0 = \frac{0{,}25}{1{,}00}\,V_f = \frac{25 \times 20\,000}{100} = 5000\ \text{V}.$$

Fig. 5. Folosirea nomogramei :

1 — Se consideră dat raportul $\frac{G}{B}$.

2 — Se ridică o perpendiculară de pe curba $\frac{G}{B}$ pe cercul $O'\,O''\,O$.

3 — Se unește acest punct cu punctele O și O' și se găsesc vectorii $\vec{U}_0$ și $\vec{U}'_R$.

4 — Se prelungește dreapta $O'\,O''$ pînă la intersecția cu cercul corespunzător coeficientului $k = a-1 = \frac{1}{L\omega}\,/\,3C\omega - 1$.

5 — Se compară segmentul $O''\,P$ cu I_0 (curentul de punere la pămînt monofazat maxim, considerat ca unitate).

6 — Se compară segmentele $O'O''$ și $O\,O''$ cu $O\,O' = U_f$ considerat ca unitate.

În cazul cînd rețeaua este compensată

$$\frac{G}{B} = \frac{1}{R\left(\frac{1}{L\omega} - 3C\omega\right)} = \frac{1}{R\,[3\,C\omega\,(a-1)]} =$$

$$= \frac{1}{R\left[\frac{I_{0\,max}}{U_0}\,(a-1)\right]}.$$

7 — Se determină $O''U_S$, $O''U_R$ și $O''U_T$.

8 — Punctele O'' și curenții I_0 de pe diagramă sînt date pentru exemplificare.

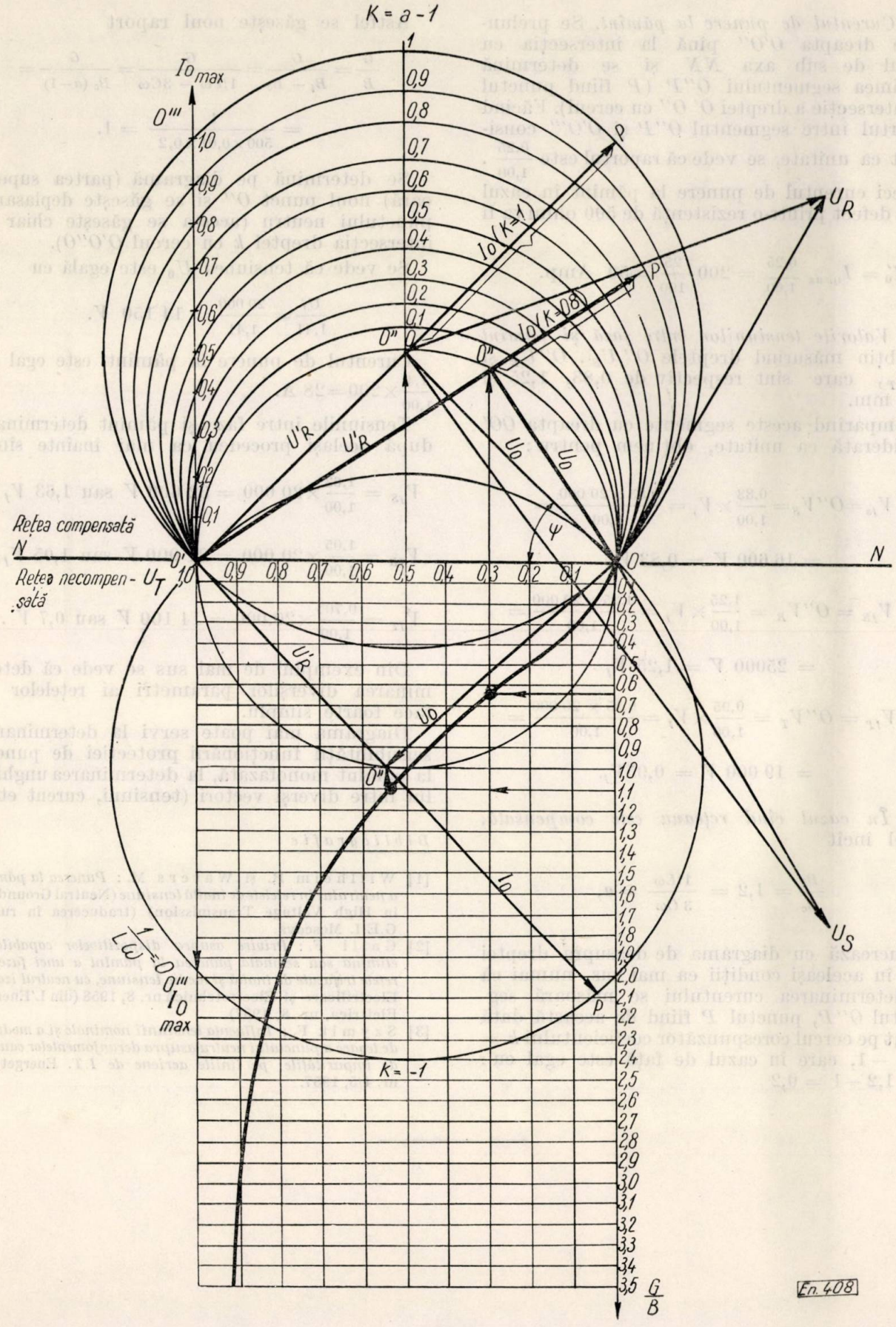

K = a - 1
Io max
O'''
Io (K=1)
Io (K=0,8)
P
U_R
O''
U'_R
U_0
ψ
Rețea compensată
N
O'
Rețea necompensată
U_T
O
U_S
1/Lω = 0
I_0 max
K = -1
G/B
En. 408

Fig. 5

2. *Curentul de punere la pămînt.* Se prelungeşte dreapta $O'O''$ pînă la intersecţia cu cercul de sub axa NN şi se determină lungimea segmentului $O''P$ (P fiind punctul de intersecţie a dreptei $O'O''$ cu cercul). Făcînd raportul între segmentul $O''P$ şi $O'O'''$ considerat ca unitate, se vede că raportul este $\frac{0,25}{1,00}$.

Deci curentul de punere la pămînt în cazul unui defect printr-o rezistenţă de 500 ohmi va fi

$$I'_0 = I_{0max} \frac{0,25}{1,00} = 200 \cdot \frac{25}{100} = 50 \text{ Amp.}$$

3. *Valorile tensiunilor între fază şi pămînt* se obţin măsurînd dreptele $O''U_S$, $O''U_R$ şi $O''U_T$, care sînt respectiv de 0,83, 1,25 şi 0,95 mm.

Comparînd aceste segmente cu dreapta OO' considerată ca unitate, obţinem pentru:

$$V_{fS} = O''V_S = \frac{0,83}{1,00} \times V_f = \frac{0,83 \times 20\,000}{1,00} =$$

$$= 16\,600\ V = 0,83\ V_f$$

$$V_{fR} = O''V_R = \frac{1,25}{1,00} \times V_f = \frac{1,25 \times 20\,000}{1,00} =$$

$$= 25000\ V = 1,25\ V_f$$

$$V_{fT} = O''V_T = \frac{0,95}{1,00} \times V_f = \frac{0,95 \times 20\,000}{1,00} =$$

$$= 19\,000\ V = 0,95 V_f.$$

4) *În cazul cînd reţeaua este compensată*, astfel încît

$$\frac{B_i}{B_c} = 1,2 = \frac{1/L\omega}{3\,C\omega} = a,$$

se lucrează cu diagrama de deasupra dreptei NN în aceleaşi condiţii ca mai sus, numai că la determinarea curentului se măsoară segmentul $O''P$, punctul P fiind de această dată situat pe cercul corespunzător coeficientului $k = a - 1$, care în cazul de faţă este egal cu: $k = 1,2 - 1 = 0,2$

Astfel se găseşte noul raport

$$\frac{G}{B} = \frac{G}{B_i - B_c} = \frac{G}{1/L\omega - 3C\omega} = \frac{G}{B_c\,(a-1)} =$$

$$= \frac{1}{500 \times 0,01 \times 0,2} = 1.$$

Se determină pe diagramă (partea superioară) noul punct O'' şi se găseşte deplasarea punctului neutru (acesta se găseşte chiar la intersecţia dreptei k cu cercul $O'O''O$).

Se vede că tensiunea U_0 este egală cu

$$\frac{U_f}{1,41} = \frac{20\,000}{1,41} = 14\,150\ V.$$

Curentul de punere la pămînt este egal cu $\frac{1,4}{1,00} \times 200 = 28$ A.

Tensiunile între faze şi pămînt determinate după acelaşi procedeu ca mai înainte sînt:

$$V_{fS} = \frac{1,63}{1,00} \times 20\,000 = 32\,600\ V \text{ sau } 1,63\ V_f$$

$$V_{fR} = \frac{1,05}{1,00} \times 20.000 = 21\,000\ V \text{ sau } 1,05\ V_f$$

$$V_{fT} = \frac{0,705}{1,00} \times 20.000 = 14\,100\ V \text{ sau } 0,7\ V_f.$$

Din exemplul de mai sus se vede că determinarea diverşilor parametri ai reţelelor se face foarte simplu.

Diagrama mai poate servi la determinarea sensibilităţii funcţionării protecţiei de punere la pămînt monofazată, la determinarea unghiului între diverşi vectori (tensiuni, curent etc).

Bibliografie

[1] Willheim R. şi Waters M.: *Punerea la pămînt a neutrului în reţelele de înaltă tensiune* (Neutral Grounding in High Voltage Transmission) (traducerea în rusă), G.E.I. Moscova.

[2] Galli F.: *Privire asupra dispozitivelor capabile a elimina sau semnala punerea la pămînt a unei faze în reţele trifazate de înaltă şi medie tensiune, cu neutrul izolat.* Electrificare şi Electrotehnică nr. 8, 1958 (din L'Energia Elettrica, nr. 8, 1957).

[3] Szymik F.: *Influenţa tensiunii nominale şi a modului de legare a punctului neutru asupra deranjamentelor cauzate de impurităţile pe liniile aeriene de I.T.* Energetyka nr. 4/5, 1957.

Metodele de protecţie anticorosivă la temperaturi înalte a ţevilor din oţel carbon aplicate la CTE-Aghireş

Ing. G. HERCZ

Situaţia anterioară. Temperatura de corodare a oţelului este determinată la ţevile răcite din interior de temperatura apei sau a aburului. În cazul ţevilor de suflare a cenuşii, care sînt introduse în focar, respectiv în canalele de gaze, fără răcire, temperatura depinde de solicitarea termică a acestora. În consecinţă, solicitarea termică a ţevilor suflătoare însemnate cu Ω (fig. 1) (din zonele calde ale cazanelor secţionale de la TC-Aghireş, unde temperatura gazelor depăşeşte 900°C) va fi foarte mare.

Durata de rupere la oboseală la ţevile din oţel carbon (OLT 35 sau 45) este mult mai redusă chiar la o grosime mare a peretelui (fig. 2). Din această cauză, ţevile suflătoare au fost confecţionate iniţial din oţel aliat rezistent la temperatură. Neputîndu-se obţine astfel de ţevi, au trebuit să fie utilizate ani de-a rîndul ţevi OLT 45 sau 35 cu perete gros (de 5—6 mm). Natural, aceste ţevi se distrugeau rapid sub acţiunea temperaturii înalte şi a gazelor de fum, care în cazul cărbunelui utilizat sînt bogate în bioxid şi trioxid de sulf.

Procesul de distrugere începe cu ivirea unor crăpături între ajutajele de suflare a aburului situat în centru, avînd ca consecinţă suflarea

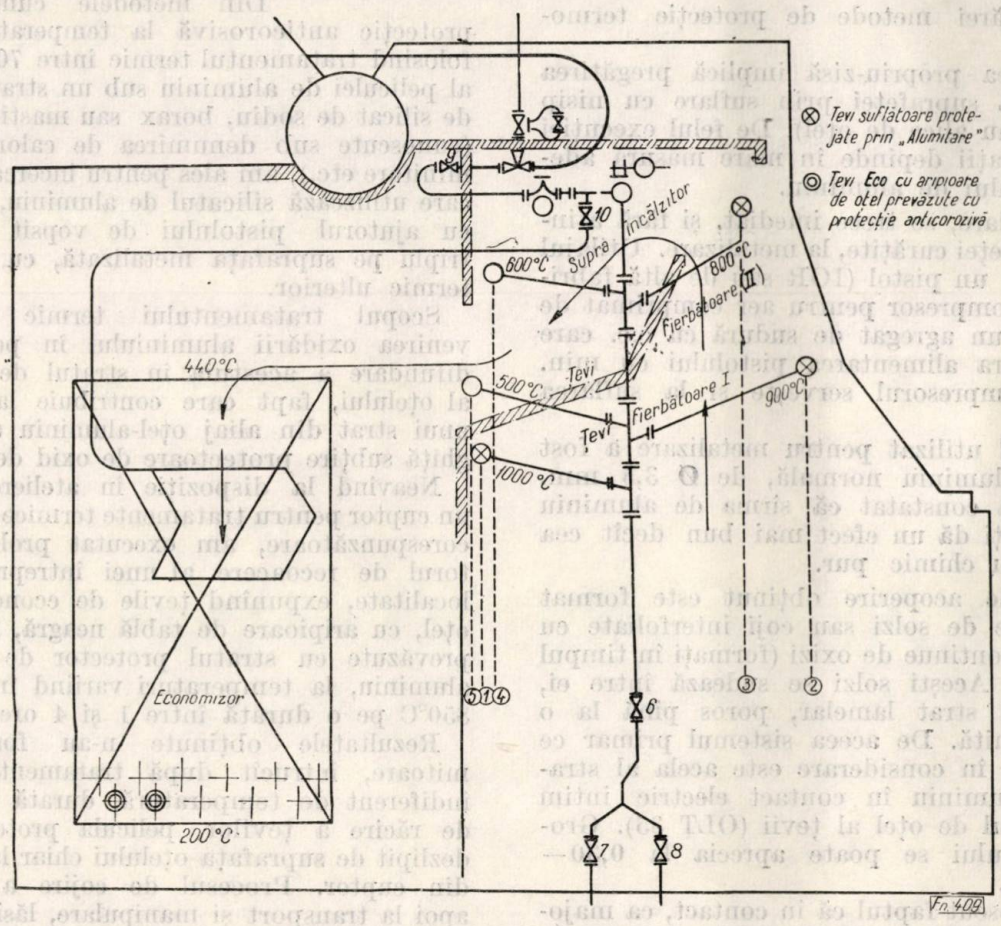


Fig. 1. Schema instalaţiei de suflare a cazanelor.

necorespunzătoare a ţevilor fierbătoare şi pierderi de abur cu ocazia suflării; apoi după numai 300—400 ore de funcţionare ţeava se încovoaie şi se rupe sub greutatea proprie.

Metalizarea cu aluminiu. Pentru a prelungi viaţa ţevilor OLT 35 şi a putea asigura suflarea suprafeţelor de încălzire fără oprirea agregatelor, s-a încercat în primul rînd metalizarea acestora cu aluminiu, cu sau fără strat protector.

Din motivele arătate, această metodă a dat rezultate numai la capătul rece al cazanului, unde au fost încercate țevi de economizor de oțel, de tip nou, prevăzute cu aripioare de oțel, cu și fără protecție. Totuși, vom descrie metalizarea, întrucît aceasta constituie prima

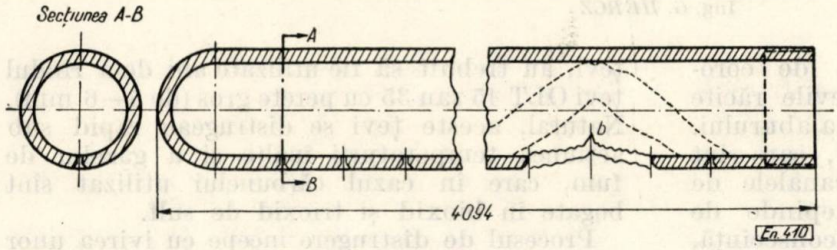


Fig. 2. Țeavă pentru suflarea funinginii : a – țeavă nouă; b – focar de coroziune.

fază a fiecărei metode de protecție termorezistentă.

Metalizarea propriu-zisă implică pregătirea prealabilă a suprafeței prin suflare cu nisip de cuarț (sau alice de oțel). De felul execuției acestei operații depinde în mare măsură aderența stratului de aluminiu.

După suflare, se trece imediat, și fără atingerea suprafeței curățite, la metalizare. Utilajul necesar este un pistol (IOR sau de altă fabricație), un compresor pentru aer comprimat de 5—6 at și un agregat de sudură cu c.c. care poate asigura alimentarea pistolului cu min. 200 A. Compresorul servește și la suflarea suprafeței.

Materialul utilizat pentru metalizare a fost sîrmă de aluminiu normală, de Ø 3,5 mm, după ce s-a constatat că sîrma de aluminiu cu impurități dă un efect mai bun decît cea din aluminiu chimic pur.

Stratul de acoperire obținut este format dintr-o serie de solzi sau coji interfoliate cu pelicule discontinue de oxizi (formați în timpul proiectării). Acești solzi se sudează între ei, formînd un strat lamelar, poros pînă la o anumită limită. De aceea sistemul primar ce trebuie luat în considerare este acela al stratului de aluminiu în contact electric intim cu materialul de oțel al țevii (OLT 35). Grosimea stratului se poate aprecia la 0,30—0,50 mm.

Este cunoscut faptul că în contact, ca majoritatea electroliților, o foiță de aluminiu metalizată pe o tablă de oțel moale este sau devine în curînd anodică față de aceasta.

În consecință, metalizarea cu aluminiu în sine conferă o protecție catodică țevii de oțel la discontinuități, cum ar fi pori sau zgîrieturi. În special în cazul gazelor de fum de la cazanele centralei noastre, bogate în oxizi de sulf (SO_2 și SO_3), la temperaturile de la capătul rece al cazanului, metalizarea cu aluminiu trebuie să prezinte o protecție anticorosivă eficace, pentru că produsul de coroziune este compact și astupă porii învelișului de protecție. În acest sens, n anul 1960 au fost introduse în zona rece economizoarelor cazanelor centralei țevi de economizor confecționate din țeavă OLT 35, cu aripioare din tablă neagră de 3,5 mm, metalizate cu aluminiu, pe lîngă cele nemetalizate. Aceste țevi sînt de un an în funcțiune fără să prezinte urme de coroziune. Totuși constatări mai concludente vor putea fi executate cu ocazia opririlor din a.c. ale agregatelor de cazane, cînd se vor lua probe din aceste țevi.

Metalizarea cu tratament termic ulterior sub strat protector. Din metodele cunoscute de protecție anticorosivă la temperaturi înalte, folosind tratamentul termic între 700 și 900°C al peliculei de aluminiu sub un strat protector de silicat de sodiu, borax sau mastic de bitum (cunoscute sub denumirea de calorizare, aluminitare etc.), am ales pentru încercare metoda care utilizează silicatul de aluminiu, împroșcat cu ajutorul pistolului de vopsit în strat triplu pe suprafața metalizată, cu tratament termic ulterior.

Scopul tratamentului termic este prevenirea oxidării aluminiului în perioada de difundare a acestuia în stratul de suprafață al oțelului, fapt care contribuie la formarea unui strat din aliaj oțel-aluminiu sub o pojghiță subțire protectoare de oxid de aluminiu.

Neavînd la dispoziție în atelierele proprii un cuptor pentru tratamente termice de mărime corespunzătoare, am executat probe în cuptorul de recoacere al unei întreprinderi din localitate, expunînd țevile de economizor din oțel, cu aripioare de tablă neagră, metalizate, prevăzute cu stratul protector de silicat de aluminiu, la temperaturi variind între 800 și 850°C pe o durată între 1 și 4 ore.

Rezultatele obținute n-au fost mulțumitoare, întrucît după tratamentul termic, indiferent de temperatură, durată sau viteza de răcire a țevilor, pelicula protectoare s-a dezlipit de suprafața oțelului chiar la scoaterea din cuptor. Procesul de cojire a continuat apoi la transport și manipulare, lăsînd o mare parte a suprafeței țevii fără protecție.

Cauza acestui fenomen este, după toate aparențele, coeficientul mic de dilatare termică și conductibilitatea termică redusă a stratului de silicat de aluminiu, care, penetrînd prin termodifuziune și în stratul metalizat, l-a împiedicat și pe acesta să urmeze contracția oțelului la răcirea țevii.

De altfel, executarea curentă a tratamentului termic în cuptoare de recoacere o pieselor mari, cum sînt țevile de economizor și țevile

suflătoare, ar necesita instalații speciale costisitoare și greu de executat, așa că am fost obligați să căutăm o metodă care să permită utilizarea proprietăților favorabile din punctul de vedere al protecției anticorosive la temperaturi înalte a aluminiului și a silicatului de aluminiu, fără un tratament termic anevoios și fără riscul cojirii stratului protector.

Metoda de tratare cu silicat de etil. Este cunoscută metoda utilizată pentru astuparea porilor formelor, în procesul de turnare de precizie „cu miezul fuzibil" sau „cu ceara pierdută", prin tratarea suprafeței cu o soluție de silicat de etil hidrolizat.

Cu această metodă se poate realiza și în cazul nostru precipitarea și apoi difundarea particulelor de siliciu în porii peliculei de aluminiu, producînd cimentarea acestuia cu siliciu, fără cojirea stratului protector. Aceasta face posibilă realizarea protecției calorifuge „în situ", în condițiile de exploatare, fără tratament termic anterior.

Hidroliza silicatului de etil are loc după relațiile de mai jos :

$$Si(OC_2H_5)_4 + 2H_2O = SiO_2 + 4C_2H_5OH$$

sau

$$Si(OC_2H_5)_4 + 4H_2O = Si(OH)_4 + 4C_2H_5OH.$$

Soluția de silicat de etil se prepară prin amestecarea a 81 volume spirt industrial cu 30 volume acid clorhidric diluat, de 0,06%, adăugînd apoi 190 volume silicat de etil.

După agitare puternică timp de 10—15 minute și un repaus de circa o oră, urmează adăugarea a încă 151 părți de silicat de etil, iar după o scurtă amestecare, un repaus nou de 2—4 zile, pînă se obține o soluție omogenă, de culoare galbenă străvezie.

După aceasta se aplică soluția cu ajutorul pistolului cu aer comprimat pe suprafața metalizată, curățită în prealabil de praf prin suflare cu aer comprimat. Filmul nu trebuie să fie mai gros de 0,1—0,2 mm. Această grosime se poate obține prin repetarea aplicării o dată sau de două ori, după uscare prealabilă. Calitatea soluției poate fi stabilită introducînd între pistol și țeavă o bucată de carton alb, pe care se poate măsura grosimea filmului.

Rezultate obținute, concluzii. Țevile suflătoare tratate după metoda cu silicat de etil sînt în funcțiune (unele de circa 9 luni) la toate cazanele centralei, fără să fi fost necesară schimbarea lor, făcînd abstracție de un caz, unde din cauza montajului greșit o țeavă protejată a fost expusă unor solicitări termice exagerate.

Eficacitatea metodei depinde în mare măsură de executarea operațiilor descrise în condiții optime de curățenie, astfel ca în cursul întregului proces tehnologic — suflarea cu nisip, metalizarea, aplicarea soluției de silicat de etil — suprafețele tratate să rămînă nevătămate și neatinse. Manipularea țevilor se face cu ajutorul unor dopuri de lemn, iar înainte de pregătirea pentru transport ele trebuie înfășurate cu îngrijire cu panglici de hîrtie. Se mai recomandă ca succesiunea fazelor să se execute fără alte pauze decît cele strict necesare, adică metalizarea să urmeze imediat după suflarea cu nisip, la fel și aplicarea soluției de silicat de etil.

În sfîrșit, atragem atenția și asupra măsurilor de NTS care trebuie respectate în decursul lucrărilor. Avînd în vedere faptul că toate fazele procesului se execută în atmosferă viciată, sînt obligatorii instalarea de exhaustoare adecvate la locul de muncă și purtarea măștii și hainelor de protecție.

Din cele de mai sus reiese că metoda de tratare cu silicat de etil a peliculei metalizate dă, fără tratament termic în cuptor, un strat calorifug de Fe-Al cimentat cu siliciu, care are o aderență mai mare decît cea care se poate obține cu celelalte metode cunoscute, asigurînd o protecție suficientă pînă la 900°C a țevilor de suflare, nerăcite în interior.

Pentru protejarea țevilor suprafețelor de încălzire de la capătul rece al cazanului, după rezultatele obținute pînă în prezent, metalizarea simplă cu aluminiu, cu sau fără strat protector de silicat de sodiu, este suficientă.

Dispozitiv electronic pentru reglare „RC-1" ataşabil punţilor şi potenţiometrelor automate

Ing. *C. RACOVEANU*

În centralele electrice înregistrarea diverşilor parametri se face cu ajutorul punţilor, potenţiometrelor sau al altor aparate automate.

În unele cazuri, pentru reglarea automată a parametrilor care sînt înregistraţi — dacă caracteristicile circuitului de reglare permit — este interesant a rezolva această problemă fără a construi toate blocurile necesare unui regulator, ci folosind traductorul (*1*), adaptorul de intrare (*2*) şi amplificatorul (*3*) blocului indicator — înregistrator (*4*) (fig. 1).

Pentru realizarea regulatorului este necesar un dispozitiv pentru reglare (*5*) şi un element de execuţie (*6*), dacă acestă din urmă nu există.

De altfel, se ştie că la majoritatea tipurilor de aparate electronice înregistratoare sovietice există posibilitatea ataşării unui dispozitiv pentru reglare.

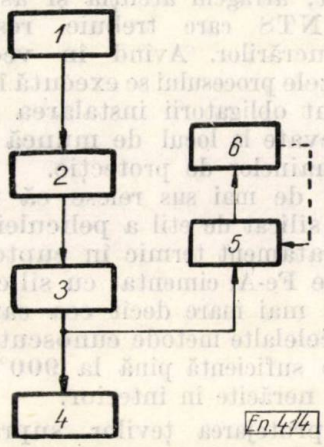


Fig. 1. Schema structurală a regulatorului :
1 — traductor ; *2* — adaptor de intrare ; *3* — amplificator electronic ; *4* — înregistrator ; *5* — dispozitiv electronic pentru reglare tip *RC-1* ; *6* — element de execuţie.

Dispozitivul de reglare poate fi de tip pneumatic sau electric şi se ataşează aparatului. La termocentrala Paroşeni s-a conceput şi s-a realizat un nou dispozitiv electronic de reglare care va fi prezentat în cele ce urmează.

1. Descrierea dispozitivului electronic pentru reglare *(RC-1)*

1.1. *Părţi componente.* Dispozitivul electronic elementar de automatizare se compune din : a) traductorul programator de tip reostatic R_1 ; b) dispozitivul de legătură inversă (rigidă sau elastică) ; c) releul electronic ; d) servomotorul M, care acţionează prin intermediul unui reductor de turaţie asupra elementului de execuţie.

Traductorul programator este un reostat prevăzut cu două cursoare fixate pe un suport comun, care este cuplat cu acul indicator al punţii sau al potenţiometrului automat.

Cele două cursoare sînt izolate electric unul faţă de celălalt şi sînt fixate în aşa fel încît distanţa dintre ele se poate regla.

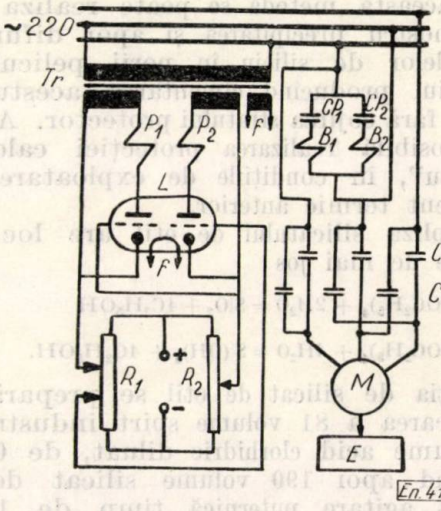


Fig. 2. Dispozitiv electronic pentru reglare *RC-1* :
R_1 — traductor programator de tip reostatic ; R_2 — reostat pentru realizarea legăturii inverse ; L — dublă triodă ; P_1 şi P_2 — relee electromagnetice ; Tr — transformator ; M — servomotor reversibil ; E — element de execuţie ; B_1, B_2 — bobinele demarorului ; CB_1, CB_2 — contactele demarorului.

Traductorul programator R_1 este legat în paralel cu reostatul R_2, prin intermediul căruia se realizează legătura inversă, cursorul reostatului R_2 fiind cuplat cu servomotorul M.

În funcţie de modul cum se realizează cuplarea, legătura inversă poate fi rigidă sau elastică (fig. 3, *a* şi *b*).

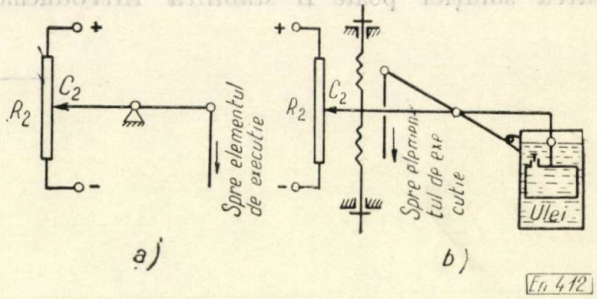


Fig. 3 :
a — legătură inversă rigidă ; *b* — legătură inversă elastică.

Reostatele sînt alimentate de la o sursă de curent continuu.

Releul electronic se compune din transformatorul Tr, dubla triodă L şi din două relee electro-

magnetice obișnuite P_1 și P_2, ale căror bobine sînt conectate în circuitele anodice ale dublei triode (fig. 2).

1.2. *Funcționarea dispozitivului* RC-1. Să presupunem că parametrul supus reglării se află la valoarea prescrisă. În această situație cursoarele C_1 și C_2 (fig. 4) ale reostatului programator R_1 se găsesc în poziție de mijloc și au potențialele V_{c_1}, respectiv V_{c_2}. Cursorul C al reostatului R_2 se găsește într-o asemenea poziție încît potențialul său să fie

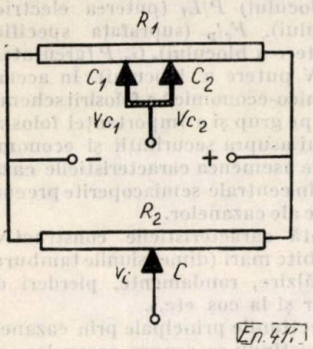


Fig. 4. Alimentarea reostatului programator și a reostatului pentru legătura inversă.

$$V_c = \frac{V_{c_1} + V_{c_2}}{2}.$$

Legarea acestor cursoare la grilele și catozii dublei triode L este astfel realizată încît pe grile să fie aplicat un potențial negativ (fig. 2).

Distanța între cursoarele C_1 și C_2 se va regla așa încît — pentru situația de mai sus — tensiunile de negativare U_{c_1c} și U_{cc_2} aplicate grilelor să taie curentul în circuitele dublei triode sau să permită trecerea unui curent a cărui intensitate să fie sub valoarea limită la care pot să lucreze releele P_1 și P_2. Adică :

$$I_{a_1} < I_{l_1}$$

$$I_{a_2} < I_{l_2},$$

în care :

I_{a_1} — intensitatea curentului în circuitul *1* al dublei triode L;

I_{a_2} — intensitatea curentului în circuitul *2* al dublei triode L;

I_{l_1} — intensitatea curentului de acționare a releului P_1;

I_{l_2} — intensitatea curentului de acționare a releului P_2.

Cursoarele găsindu-se în această poziție, releele nu vor lucra, și ca urmare motorul de acționare M este deconectat.

Dacă apare o perturbație, care face ca parametrul supus reglării să se abată de la valoarea prescrisă, cursoarele C_1 și C_2 se vor deplasa la dreapta sau la stînga cu un unghi α, proporțional cu abaterea θ.

$$\alpha = K\,\theta,$$

unde

$$\theta = v - v_p,$$

v fiind valoarea instantanee a parametrului supus reglării, iar v_p — valoarea prescrisă.

Ca urmare, tensiunile de negativare U_{c_1c} și U_{cc_2} se vor modifica. La o deplasare spre stînga $|U_{c_1c}|$ va crește, iar $|U_{cc_2}|$ se va micșora și la o deplasare spre dreapta situația va fi inversă.

Considerăm că tensiunile de negativare minime pentru care releele nu lucrează sînt $U_{c_1c\,min}$ și $U_{cc_2\,min}$.

Dacă $|U_{c_1c}| < |U_{c_1c\,min}|$ sau

$$|U_{cc_2}| < |U_{cc_2\,min}|$$

rezultă că :

$$I_{a_1} > I_{l_1} \text{ sau}$$

$$I_{a_2} > I_{l_2},$$

adică releele vor lucra.

Deoarece în timp ce $|U_{c_1c}|$ crește, $|U_{cc_2}|$ scade (și invers), rezultă că atunci cînd un releu lucrează, celălalt va fi blocat, și ca urmare demarorul servomotorului M va fi conectat, astfel încît motorul să lucreze într-un sens sau în celălalt.

Legătura cursorului C la servomotorul M este în așa fel realizată, încît atunci cînd servomotorul M lucrează, cursorul C să se deplaseze în sensul pentru care :

$$|U_{c_1c}| \to |U_{c_1c\,min}| \text{ sau}$$

$$|U_{cc_2}| \to |U_{cc_2\,min}|$$

Motorul va acționa pînă cînd

$$|U_{c_1c}| \geqslant |U_{c_1c\,min}| \text{ sau}$$

$$|U_{cc_2}| \geqslant |U_{cc_2\,min}|.$$

Dacă cuplarea cursorului C la servomotorul M corespunde (fig. 3, *a*), adică legătura inversă este rigidă, regulatorul va fi static.

Dacă cuplarea cursorului C la servomotorul M se realizează ca în fig. 3, *b* — legătura inversă elastică — valoarea prescrisă a parametrului supus reglării va fi menținută constantă, fiind independentă de poziția elementului comandat.

2. Concluzii

Dispozitivul electronic elementar de automatizare *RC-1* a fost realizat și folosit la reglarea încărcării morilor de cărbune și a temperaturii amestecului de aer-praf la ieșirea din moară, fiind atașat punților electronice automate de tip ЭМТТ-209.

Cele cîteva luni de exploatare neîntreruptă a dispozitivului *RC-1* au dovedit calități remarcabile ca : robustețe, sensibilitate mărită, siguranță în exploatare, întreținere ușoară etc.

Bibliografie

[1] Maiorov F. V. : *Elektronie regulatori.* Gostohteorrizdat, Moscova, 1956.

[2] Erofeev A. V. : *Elektronie pribori teplovogo kontrolia i regulirovania,* Gosenergoizdat, 1953.

RECENZIE

MAKSIMOV M. V. : **Cazane de abur de debite mari — calcul şi construcţie** — (Kotelnie agregati bolşoi proizvoditelnosti). Rasciot i konstruirovanie, 431 pag., 252 fig., 130 tab., 83 ref. bibliografice. Maşghiz, Moscova, 1961.

Centralele termoelectrice moderne necesită prin puterile lor impresionante grupuri cu puteri unitare din ce în ce mai mari. Puterile de 100, 150, 200 şi 300 MW sînt în momentul de faţă grupuri energetice uzuale, după cum cazanele de 420, 530 şi 640 t/h la 140 ata şi 570°C solicitate de aceste grupuri se generalizează pe zi ce trece ; se prevede ca la sfîrşitul septenalului în U.R.S.S. cazanele cu circulaţie naturală să ajungă la debite de 1 900 t/h pentru grupul de 600 MW.

Dezvoltarea impetuoasă a producţiei de cazane de debite mari şi foarte mari solicită dezvoltarea corespunzătoare a informaţiilor tehnice şi ştiinţifice specifice acestor agregate.

Cartea lui Maksimov ,,Cazane de abur de debite mari" acoperă în cea mai mare parte golul resimţit în literatura de specialitate privind calculul şi construcţia acestora.

Lucrarea atacă, la un înalt nivel tehnico-ştiinţific, majoritatea problemelor legate de calculul şi construcţia cazanelor moderne.

Cartea cuprinde următoarele 19 capitole :

1. Parametrii aburului şi influenţa lor asupra repartiţiei absorbţiei de căldură în suprafeţele de încălzire.
2. Schema termică a agregatului de cazan şi alegerea ei.
3. Schema termică a blocului (cazan grup turbogenerator).
4. Tipurile de cazane de debite mari.
5. Caracteristicile constructive ale cazanelor de debite mari.
6. Combustibilul. Volumul şi entalpia aerului şi gazelor de ardere.
7. Bilanţul termic şi bilanţul aerului.
8. Alegerea schemelor de pregătire a prafului de cărbune şi tipurile de mori.
9. Calculul termic al uscării combustibilului.
10. Focarele cazanelor de debite mari şi calculul lor termic.
11. Determinarea coeficientului de schimb de căldură şi scăderii temperaturii gazelor.
12. Calculul termic şi construcţia suprafeţelor convective şi semiradiante.
13. Calculul şi construcţia înzidirii cazanelor de debite mari.
14. Calculul aerodinamic al cazanelor de debite mari.
15. Calculul hidrodinamic al cazanului.
16. Regimul apei şi construcţia separatoarelor cazanelor de înaltă presiune.
17. Calculul de rezistenţă al elementelor cazanului.
18. Scheletul metalic al cazanelor de debite mari.
19. Uzura suprafeţelor de încălzire provocată de cenuşa volantă.

În primul capitol se menţionează construcţiile moderne de cazane existente şi proiectate în U.R.S.S. şi în alte ţări, tipul cazanelor şi parametrii acestora. Se menţionează cazanul de 1 900 t/h la presiunea de 255 ata şi 585°C. Se arată de asemenea că se efectuează cercetări în domeniul presiunilor de 400—500 ata şi la temperatura de 700°C.

În al doilea capitol se prezintă schema termică a cazanului cu tambur TP-90 (530 t/h, 140/31 ata şi 570/570°C) şi a cazanului cu străbatere forţată PK-34—84SP (640 t/h, 140/27 ata şi 570/570°C), făcîndu-se o analiză tehnico-economică a diverselor părţi componente ale schemei termice. În acelaşi capitol se face o analiză tehnico-economică a temperaturii de preîncălzire a aerului, arătîndu-se că în U.R.S.S. s-au adoptat pentru cărbuni 380—420°C, iar pentru păcură şi gaze 200—300°C. Se menţionează cercetările făcute în străinătate cu temperaturi de 500 şi 600°C. Se face o discuţie asupra regimului de vaporizare în cazanele cu străbatere forţată.

În capitolul al treilea se prezintă schema termică a blocului de 200 MW cu cazan cu tambur TP-100 şi turbina K-200—130 şi schema de automatizare a pornirii blocului cu cazan cu tambur. Se prezintă de asemenea schema blocului de 200 MW cu cazan cu străbatere forţată PK-34—84SP cu turbina K-200—130 şi a blocului de 300 MW cu cazan cu străbatere forţată PK-39 (950 t/h, 255 ata, 585/570°C) şi turbină K-300—240. Se accentuează asupra legăturii între elementele blocului.

În capitolul IV se prezintă tipurile constructive ale cazanelor după circulaţia gazelor de ardere (tipul π, tipul U, tipul T, tipul III, tipul turn şi tipul cu trei drumuri),făcîndu-se o analiză tehnico-economică a folosirii acestora în cadrul cazanelor de debite mari pe baza unor indici caracteristici ca Q/L_f (încărcarea termică specifică a frontului focarului), V_c/P, volumul specific pe MW putere a blocului) P/L_f (puterea electrică specifică a frontului focarului), $F_c/_p$ (suprafaţa specifică ocupată de cazan pe MW putere a blocului), G_c/P (greutatea) specifică a metalului pe MW putere a blocului). În acelaşi capitol se face o analiză tehnico-economică a folosirii schemei bloc cu unul sau două cazane pe grup şi a importanţei folosirii unificării elementelor blocului asupra securităţii şi economicităţii exploatării. Se arată de asemenea caracteristicile cazanelor montate în aer liber sau în centrale semiacoperite precum şi ale elementelor prefabricate ale cazanelor.

În capitolul V se prezintă caracteristicile constructive principale ale cazanelor de debite mari (dimensiunile tamburului, ale suprafeţelor de încălzire, randamente, pierderi de căldură, temperaturi în focar şi la coş etc.).

Se prezintă de asemenea secţiunile principale prin cazanele moderne de debite mari, insistîndu-se asupra cazanelor cu focare ciclon şi evacuare lichidă a zgurei.

Se menţionează cazanele cu focare duble şi cazanele cu străbatere forţată.

În capitolul VI se arată calculul cantităţii aerului necesar arderii gazelor de ardere, acordîndu-se atenţie deosebită calculului în cazul arderii simultane a doi combustibili.

În capitolul VII se prezintă calculul bilanţului termic al cazanului, menţionîndu-se totodată randamentele ridicate de 90—95 % ale cazanelor de debite foarte mari. În acelaşi capitol se prezintă metodica de calcul al bilanţului termic al suprafeţelor de încălzire.

În capitolul VIII se prezintă diversele tipuri de scheme de pregătire a prafului de cărbune, insistîndu-se asupra calculului morilor cu bile şi al morilor cu ciocane. Lucrarea nu menţionează existenţa şi calculul morilor ventilator, construcţii noi de mori cu mari perspective de dezvoltare viitoare în tehnica arderii cărbunilor tineri. Sperăm că într-o ediţie viitoare lucrarea va fi completată şi în această direcţie.

În capitolul IX se prezintă calculul uscării combustibilului solid în turnul de uscare şi în timpul măcinării sale în mori, determinîndu-se cantitatea şi temperatura agentului de uscare pentru morile cu bile şi morile cu ciocane. Se prezintă caracteristicile ventilatoarelor morilor.

În capitolul X se prezintă calculul focarului pentru cazanele de debite mari, prezentîndu-se tipurile principale de arzătoare de praf de cărbune şi de gaze naturale folosite la aceste cazane. Se dă metodica de calcul al arzătoarelor şi se prezintă datele constructive asupra arzătoarelor. O atenţie deosebită este acordată calculului focarelor ciclon şi cu evacuare lichidă a zgurei şi calculului schimbului de căldură în focar.

În capitolul XI se prezintă calculul coeficientului de schimb de căldură şi al scăderii de temperatură pe traseul gazelor de ardere în diverse ipoteze de funcţionare ale focarelor şi a amplasării suprafeţelor de încălzire. Conducerea calculului se recomandă a se face grafo-analitic, indicîndu-se procedeele de calcul cele mai moderne şi diagramele experimentale cele mai noi.

În capitolul XII se prezintă calculul termic al supraîncălzitorului şi supraîncălzitorului intermediar funcţionînd în regim de convecţie şi semiradiaţie, indicîndu-se totodată tipurile constructive utilizate.

Se prezintă de asemenea calculul şi construcţia economizorului şi preîncălzitorului de aer din ţevi. Se menţionează preîncălzitorul de aer tip Lyungstrom.

În capitolul XIII se prezintă calculul şi construcţia cazanelor de debite mari cu indicarea zonelor în care trebuie folosite materiale speciale. Se dau caracteristicile termice ale diverselor materiale izolante folosite la înzidirea cazanelor de debite mari. Se indică metodica de calcul al pierderilor de căldură prin zidăria cazanelor.

În capitolul XIV se prezintă calculul pierderilor de presiune pe traseul gazelor de ardere prin metoda grafo-analitică. Se dau caracteristicile exhaustoarelor de gaze de ardere în condi-

ţiile pierderilor de presiune ale diverselor regimuri de funcţionare ale cazanelor.

În capitolul XV se acordă o mare atenţie calculului hidraulic al cazanului, prin metodele cele mai moderne grafo-analitice. Se insistă în mod special asupra schemelor de circulaţie ale cazanelor cu tambur de tipul II şi T, dîndu-se recomandări asupra schemelor de aplicat pentru asigurarea optimă a circulaţiei. Se indică metodica de calcul al conturului de circulaţie şi al neuniformităţii hidraulice.

În capitolul XVI se prezintă regimul apei în tambur şi diversele tipuri constructive de separatoare din tamburul cazanelor de înaltă presiune. Se menţionează separatorul ciclon şi construcţia separatoarelor cazanelor TP-80, TP-90 şi TP-100.

Se prezintă schema calculului instalaţiei de separare în trei trepte, arătîndu-se regimul cel mai indicat al apei pentru cazanele cu tambur de înaltă presiune.

În capitolul XVII se prezintă calculul de rezistenţă a elementelor cazanului. O atenţie deosebită se acordă calculului tamburului şi colectoarelor. Se prezintă metodica de calcul al temperaturii peretelui, diverselor elemente ale cazanului şi alegerea oţelurilor corespunzătoare diverselor solicitări termice. Se precizează solicitările admisibile în diverse oţeluri, funcţie de temperatură în domeniul 550—700°C.

În capitolul XVIII se prezintă condiţiile pe care trebuie să le îndeplinească scheletul metalic al cazanelor de mare putere. Se menţionează scheletul cazanelor de 420 t/h, 640 t/h şi 950 t/h. Se dau indicaţii asupra calculului fundaţiei cazanului. Se dau greutăţile scheletului metalic necesar diverselor elemente ale cazanului PK-33—83 SP pentru blocul de 200 MW.

În ultimul capitol se prezintă condiţiile apariţiei uzurii suprafeţelor de încălzire din cauza efectului eroziv al cenuşii volante.

Este indicată metodica de calcul al uzurii funcţie de aşezarea ţevilor, de calitatea combustibilului şi de viteza gazelor de ardere.

În ansamblu, cartea prezintă cele mai importante probleme care intervin în calculul şi construcţia cazanelor de debite mari şi pune la îndemîna specialiştilor datele necesare proiectării acestor agregate.

Cartea este scrisă la un nivel tehnico-ştiinţific ridicat, într-o formă sobră şi accesibilă. Figurile şi tabelele, cu date numerice abundente, uşurează urmărirea lucrării şi aplicarea metodicilor de calcul prezentate.

N. P.

DOCUMENTARE

Electroenergetică

Simplificarea staţiilor de 110 kV de mică putere. M. A. Marinov, Energhetik *9* (1961), nr. 5 (mai), pag. 3—6.

Problemele legate de electrificarea rurală conduc la necesitatea extinderii sistemului energetic deoarece electrificarea pe calea construcţiei unor microcentrale nu apare avantajoasă, preţul kW instalat fiind de 500...600 ruble faţă de 70...150 ruble/kW în centralele de bază ale sistemului, iar preţul/kWh produs fiind de 10 copeici, adică de 10...15 ori mai mare decît preţul/kWh produs în sistem. Extinderea sistemului energetic implică — în special cînd este vorba de reţele de 110 kV — să se simplifice staţia de 110 kV pentru ca alimentarea la această tensiune să fie rentabilă chiar pentru consumatori rurali cu sarcini în jurul a 2...3 MVA. Se arată necesitatea construcţiei unor transformatoare de 110 kV de 2,5 MVA protejate prin siguranţe de 110 kV avînd o putere de rupere de 300 MVA. Acest lucru permite construcţia unor racorduri bloc de 110 kV dotate cu descărcător catodic, separator cu cuţite de punere la pămînt, siguranţe, descărcător tubular şi transformator care împreună cu celulele prefabricate de distribuţie de 6 sau 10 kV ocupă o lungime de 19 m. Costul acestei staţii reprezintă circa 66,5% din cel a unei staţii de 110 kV echipată cu transformator de 5,6 MVA. Se arată fotografia unei staţii de acest tip realizată în U.R.S.S. şi care a fost avizată favorabil de Comitetul de Stat pentru Ştiinţă şi Tehnică din U.R.S.S. şi de conducerea sistemului Glavenergo.

A.R.

Cîteva probleme privind dezvoltarea reţelelor de distribuţie de 20 kV în R.S.S. Letonă. B. S. Sulov, Energhetik (1961), nr. 3 (martie) pag. 3—6.

În R.S.S. Letonă s-a hotărît ca electrificarea rurală să se facă la 20 kV. Reţeaua de 20 kV a căpătat — în special după 1954 — o mare dezvoltare.

În prezent sînt în exploatare circa 4 000 km linii de 15 şi 20 kV.

Preţul unui km de linie în funcţie de traseu şi conductor este de 800...1 400 ruble.

Liniile de 20 kV vor fi alimentate din staţii de 110/20 kV, dispuse la circa 100 km unele de altele. Densitatea sarcinii este de 2,5...4 kW/km².

Transformatoarele de 110/20 kV sînt prevăzute cu reglaj de 2,5 ...10%. Liniile de 20 kV vor fi construite în majoritate (60% din lungimea totală) cu conductoare de oţel şi parte cu Al 35 (25,4%). Conductoare cu secţiunea de Al 50 şi Al 70 se vor utiliza numai pentru linii principale (12,4%).

Posturile de distribuţie vor fi construite în majoritate pe stîlpi, fiind echipate cu transformatoare de 100 kVA, iar în cazuri speciale de 320 kVA.

Se arată în continuare o comparaţie tehnico-economică între tensiunea de 20 şi 35 kV din care a reieşit avantajul tensiunii de 20 kV.

A. R.

Încercarea unui stîlp portal de susţinere la sarcini statice în regim de avarie pe o linie de 550 kV. N. M. Boev Elektriceskie stanţii, anul *31* (1960), nr. 3, pag. 46—49.

În articol se descrie rezultatul încercării unui stîlp de susţinere tip portal al liniei Stalingrad—Moscova în stare montată în panoul de întindere 2 483—2 490.

Scopul încercării a fost determinarea sarcinilor maxime pe care le suportă stîlpul de susţinere proiectat pentru cleme cu declanşare concomitentă a întregului fascicul de conductoare, pentru o eventuală folosire a acestuia pe porţiunile de aliniament corespunzător cu cleme blocate şi fără stîlpi de întindere.

Stîlpii cu greutatea de 8,6 t montaţi pe fundaţii prefabricate au fost iniţial calculaţi pentru conductoare de tipul A.S.O.-480/60 pentru regiunea II de chiciură la vînt de 27 m/s.

Încercarea s-a efectuat după ce panoul de întindere a fost complet echipat.

Ruperea fazei s-a modelat prin slăbirea progresivă (în trepte) a tracţiunii conductorului pe faza extremă în prima încercare de la 11 t la 4,5 t, iar în a doua încercare de la 11 t la 1,5 t.

La prima încercare nu s-au înregistrat deformaţii remanente. La a doua încercare au apărut însă deformaţii permanente cu cedarea a două diagonale din porţiunea de sub traversă.

Concluziile încercării au arătat că stîlpul nu poate fi folosit cu cleme blocate, întrucît la avarie cedează la sarcinile orizontale care apar.

De asemenea, s-a dovedit că metoda de calcul folosită la dimensionarea stîlpilor portal neglijează eforturile datorite momentelor de răsucire care apar la îmbinarea traversei cu montanţii, ducînd la o subdimensionare cu 40% a diagonalelor din această zonă. Totodată s-a dovedit că repartiţia pe montanţi a forţelor — tocmai datorită acestui moment — este diferită faţă de cele rezultate din calcul (1,1 şi 0,1 faţă de 1,5 şi 0,5).

Energetică generală

Perspectivele de dezvoltare ale construcției de centrale electrice de condensație și de termoficare în R. S. Cehoslovacă din punctul de vedere al indicilor tehnico-economici, J. Bernard, L. Prokes, Energetika (1961), nr. 7, pag. 315–319.

În articol se arată indicii tehnico-economici ai centralelor termoelectrice intrate în exploatare în perioada 1945–1960, se analizează proiectele de CTE care sînt în lucru și se studiază perspectivele construcției de CTE în R. S. Cehoslovacă în următorii 20 ani.

De asemenea se dau soluțiile tehnice care au dus la ameliorarea indicilor tehnico-economici ca : introducerea sistemelor bloc în centrală, ridicarea parametrilor, construirea de centrale de mare putere etc.

Pentru anumite tipuri de centrale indicii tehnico-economici se dau comparativ cu cei realizați în alte țări.

Similar, se dau date asupra centralelor publice și industriale de termoficare din R.S.C. sub formă de diagrame și tablouri și se arată și cîteva tipuri de CTE construite sau în proiect.

C.W.

Tabela 1

Centrala, echipament, parametri	Investiția medie 1 000 Kcs / MW	Personal om / MW	Consum specific căldură Gcal / MWh livrat	Supraf. spec. constr. m² / MW	Volumul specif. constr. m³ / MW
1	2	3	4	5	6
6 × 32 MW 66 ata 475°C	3 630	3,42	3,61	197	4 350
4 × 50 MW 90 ata 500°C	3 200	3,17	3,22	194,1	3 520
6 × 55 MW 90 ata 535°C	2 100	1,88	3,06	130	2 400
6 × 55 MW	1 900	1,88	3,04	112	2 210
6 × 10 MW	1 460	0,89	2,741	61,5	810
6 × 50 MW 130 ata 565/535°C	1 640	1,38	2,8	112	2 210
6 × 110 MW 130 ata 565/535°C	1 410	0,86	2,7	46	810
4 × 200 MW 165 ata 565/565°C	1 270	0,64	2,6	37	690
3 × 400 MW 240 ata 580/565°C	1 150	0,47	2,38	31	570
3 × 800 MW 380 ata 650/580/565°C	1 000	0,34	2,23	—	—

Tabela 2

Tip centrală	Echipament	Anul construcției	Invest. specifică 1 000 Kcs/tL	Obs.
1	2	3	4	5
CET publică	cazan de 75...125 t/h cu tb de 6...12 MW	1959	510–520	Partea de construcție reprez. 25 – 30%
	4 cazane de 35 t/h, 40 ata 465°C și 2 turbine c.p. 6 MW	proiect	420–480	—
CET industr.	4 cazane de 75 t/h 96 ata, 535°C și 2 turbine c.p. de 12 MW	1959	430	Partea de constr. reprez. 20 – 25%
	3 cazane × 215 t/h 96 ata 540°C, și 3×28 MW (2 tb. cu priză și 1 cu c.p.)	proiect	493	Pentru un combinat de cărbune
	2 cazane 330 t/h + 3 cazane 370 t/h și 2 VK-100 MW + 2 VP-50 MW + 1 VR-50 MW	proiect	490	Partea tehnologică 55%, partea de montaj 20% și partea de construcție 25%

Pornirea unui bloc cazan-turbină după oprirea de noapte. A. G. Prokopenko, V. N. Svet și A. V. Șcerbin, Elektriceskie stanții (1961), nr. 5, pag. 2–4.

Se descrie metoda de pornire efectuată experimental la un bloc compus dintr-un cazan de abur tip ПК-20 și un grup turbogenerator tip BK-25-1.

Cazanul funcționează cu turbă și dispune de trei mori cu puț și patru arzătoare suplimentare de păcură.

Pornirea s-a făcut cu cazanul din stare rece în urma unei opriri de cîteva zile și cu turbina din stare caldă după oprirea de rezervă de o noapte.

Programul de pornire prevedea o durată de 1 h 30 min, de la aprinderea focului la cazan pînă la încărcarea la plină sarcină a turbinei, însă s-a prelungit la 2 h 25 min, datorită scoaterii din funcțiune a unui ventilator de gaze arse, în urma unei defecțiuni, timp de 50 min.

Se consideră totuși, că această pornire experimentală a demonstrat posibilitatea și siguranța pornirii blocului cazan-turbină în timp de 1 h 30 min prin metoda utilizată.

În text sînt prezentate graficele de variație a parametrilor principali ai blocului prevăzuți în programul de pornire și pe baza înregistrărilor efectuate în timpul pornirii. T.N.

Calculul indirect al randamentului la cazanele de abur. Nomograme ajutătoare. Energetika (R.S.C.) anul **30** (1961), nr. 7 — suplim. B_5 (12 pag.).

Revista Energetika publică într-un supliment o metodă de calcul rapid al randamentului cazanelor de abur pe bază de nomograme.

După ce se arată baza teoretică a calculului randamentului la un cazan de abur, analizîndu-se structura fiecărei categorii de pierderi de căldură (formule și procente) se dau în nomogramele 1, 2, 3, 4 pierderile de căldură datorite arderii mecanice incomplete ; în nomogramele 5 și 6 se dau pierderile de căldură prin gazele de ardere și antrenări, iar din diagrama 7 se pot obține pierderile datorită arderii chimice incomplete. Din nomogramele 8, 9 și 10 se pot deduce pierderile de căldură legate de focar.

Fiecare nomogramă este însoțită de un exemplu numeric și de o cheie.

La întocmirea acestor nomograme s-au folosit normele în vigoare în R.S.C. și U.R.S.S.

C.W.

MŰSZAKI EGYETEMI KÖNYVTÁR 1883

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 662.61 620.9.004

Perussi P. : **Обжиг пирита в кипящем слое — пример энерго-технологического процесса.**

Представлены характеристики обжига пирита в кипящем слое в качестве примера применения энерго-технологических представлений. Анализируются несколько вопросов конструктивных элементов установки, а также и технико-экономические аспекты

Energetica, 9 (1961) № 10, стр. 385–388

ДК 662.64/66.004

Secară Gh. и *Zamfir V.* : **Испытания и результаты энергетического использования некоторых местных отечественных углей.**

Для решения вопроса сжигания низкосортных углей в существующих и строящихся в будущем небольших котлах, авторы провели ряд испытаний, результаты которых показаны и обсуждены.

Energetica, 9 (1961) № 10, стр. 389–396

ДК 621.181 : 662.642 : 662.932

Pănoiu N., Carabogdan, I.; Singer, Scwartz M, Petcu M. : **Котел на лигните, производительностью 10 тонн/час, оборудованный решеткой с перевернутым толканием.**

Описывается котел производительностью в 10 тонн час оборудованный решеткой с перевернутым толканием на лигните, и приводится результаты опытов по сжиганию.

Energetica, 9 (1961) № 10, стр. 396–402

ДК 621.315.28.002.73

Vlad A. : **Подземная электрическая сеть в горах.**

В статье подробно описывается установление подземного кабеля в 10 кв с сухой изоляцией в труднодоступной горной зоне и с большой разницей мжду отметками входного концов трассы.

Energetica 9 (1961) № 10, стр. 402–408

ДК 621.316.11.001.24 : 621.316.1.064.1

Şlein M. и *Penescu M.* : **Определение параметров сетей, работающих с изолированной нейтралью или заземленной через гасительную катушку, в случае однофазного дефекта заземления.**

В статье рассматривается работа сети с дефектом однофазного заземления при помощи графика.

Energetica, 1 (1961) № 10, стр. 408–412

С ПРЕДПРИЯТИЙ

ДК 621.311.22 : 621.186 : 620.191.004.4

Hercz C. : **Методы антикоррозивной защиты труб из углеродистой стали, при высоких температурах, применяемые на ТЭЦ в Агиреш.**

Energetica, 9 (1961) № 10, стр. 413–415

ДК 621.316.72 : 621.385.8

Racoveanu C. : **Регулирующее электронное устройство „RC — 1“, прикрепляемое к мостикам и к автоматическим потенциометрам.**

Energetica, 9 (1961) № 10, стр. 416–417

РЕЦЕНЗИИ

ДОКУМЕНТАЦИЯ

INHALTSVERZEICHNIS

662.61 : 620.9.004

Perussi P. : **Das Rösten der Pyrite in Wirbelschicht — Beispiel eines energetisch-technologischen Prozesses.**

Es werden die Kenndaten des Röstens der Pyrite im Fliessbett dargelegt, als Beispiel der Anwendung energetisch-technologischer Auffassungen. Es werden einige, von den Bauelementen der Anlage aufgeworfene Probleme und die technisch-wirtschaftlichen Aspekte analysiert.

Energetica, 9 (1961) H. 10, S. 385–388

662.64/66.004

Secară Gh. und Zamfir V. : **Untersuchungen und Ergebnisse hinsichtlich der energetischen Verwertung von einheimischen lokalen Kohlensorten.**

Zur Lösung des Problems der Verbrennung von minderwertigen Kohlen in bestehenden oder künftighin zu bauenden Kleinkesseln, unternahmen die Verfasser eine Reihe von Versuchen, deren Ergebnisse, begleitet von Interpretierungen, dargelegt werden.

Energetica, 9 (1961) H. 10, S.389–396

621.181 : 662.642 : 662.932

Pănoiu N., Carabogdan I., Singer G., Schwartz M. und Petcu M. : **Der 10-t/h-Kessel für Lignit mit Kipprost.**

Der 10-t/h-Kessel mit Kipprost für Lignitfeuerung wird beschrieben und anschliessend die Ergebnisse von Verbrennungsversuchen angeführt.

Energetica, 9 (1961)) H. 10, S. 396–402

621.315.28.002.73

Vlad A. : **Die Velegungsarbeiten eines unterirdischen Kraftsstromleitung im Gebirge.**

Der Aufsatz enthält eine eingehede Beschreibung der Verlegung eines 10-kV-Kabels mit Trockenisolation in einer schwer zugänglichen Gebirgszone mit einem grossen Höhenunterschied zwischen den beiden Leitungsenden.

Energetica, 9(1961) H. 10, S. 402–408

621.316.11.001.24 : 621.316.1.064.1

Stein M., Penescu M. : **Die Bestimmung der Parameter eines Netzes mit isoliertem, oder für den Fall eines monophasischen Erdschlusses, mit einer Abschaltdrossel versehenem Nulleiter.** Im Aufsatz wird das Arbeiten eines Netzes mit monophasischem. Erdschluss mit Hilfe einer graphischen Darstellung untersucht.

Energetica, 9 (1961) H. 10, S. 408–412

AUS DEM BETRIEBSLEBEN

621.311.22 : 621.186 : 620.191.004.4

Hercz G. : **Antikorrosive Schutzverfahren gegen hohe Temperaturen bei Karbonstahlrohren im Wärmekraftwerk Aghireş.**

Energetica, 9 (1961) H. 10, S. 413–415

621.316.72 : 621.385.8

Racoveanu C. : Elektronische Regel-Vorrichtung „RC-1“, die an Brücken und automatischen Potenziometern angebracht werden kann.

Energetica, 9 (1961) H. 10, S. 416–417

BUCHBESPRECHUNG

DOKUMENTATION

SOMMAIRE

CD 662.61 : 620.9.004

Perussi, P. : **Grillage de la pyrite en couches fluidisées exemple de procès énergétique et technologique.**

Les caractéristiques du grillage de la pyrite en couches fluidisées, sont présentées comme exemple de l'application de conceptions énergétiques et technologiques. L'auteur analyse quelques problèmes dûs aux éléments constructifs de l'installation ainsi que les aspects techniques et économiques.

Energetica, 9 (1961), no. 10, p. 385–388

CD 662.64/66.004

Secară. Gh. et Zamfir, V. : **Expériences et résultats de la mise en valeur du point de vue énergétique de certains charbons indigènes locaux.**

En vue de résoudre le problème de la combustion de charbons de qualité inférieure dans les chaudières de petites dimensions existantes ou prochainement construites, les auteurs ont effectué une série d'essais dont ils interprètent les résultats.

Energetica 9 (1961) no. 10. p. 389–396

CD 621.181 : 662.642 : 662.932

Pănoiu, N. ; *Carabogdan, I.* ; *Singer, G.* ; *Schwartz, M.* ; *Petcu, M* : **Chaudière de 10 t/h à lignit équipée avec une grille à propulsion inverse du combustible.**

L'article présente une chaudière de 10 t/h équipée avec un grille à propulsion inverse pour brûler la lignite et indique les résultats obtenus à la suite des essais de combustion.

Energetica, 9 (1961) no. 10, p. 396–402

CD 621.315.28.002.73

Vlad. A. : **Construction d'un réseau électrique souterrain en montagne.**

L'article décrit en détail la pose d'un cable souterrain de 10 kV à isolation sèche, dans une zone de montagne difficilement accessible et à forte différence de niveau entre les deux extrémités du tracé.

Energetica, 9 (1961) no. 10, p. 402–408

CD 621.316.11.001.24 · 621.316.1.064.1

Stein, M. ; *Penescu, M.* : **Détermination des paramètres d'un réseau fonctionnant avec neutre isolé ou avec une bobine soufleuse dans les cas d'un défaut monophasé à la terre.**

Dans cet article, les auteurs examinent à l'aide d'un graphique le fonctionnement d'un réseau présentant un défaut monophasé à la terre.

Energetica, 9 (1961) no. 10, p. 408–412

NUVELLES DE NOS EXPLOITATIONS

CD 621.311.22 : 621.186 : 620.191 004.4

Hercz, G. : **Méthodes de protection anticorrosive à haute température des tuyaux en acier carbone, apliquées à la centrale thermique Aghireș.**

Energetica, 9 (1961), no. 10, p. 413–415

CD 621.316.72 : 621.385.8

Racoveanu, C. : **Dispositif électronique de réglage „RC-1" raccordable aux ponts de mesure et aux potentiomètres automatiques.**

Energetica, 9 (1961), no. 10, p. 416–417

COMPTE-RENDUS

DOCUMENTATION

CONTENTS

DC 662.61 : 620.9.004

Perussi P. : **Fyrite roasting in fluidified layer — an example of energetical and technological processing.**

The characteristics of pyrite roasting in fluidified layer are presented as an example of the application of energetic and technologic conceptions. An analysis is made about the problems raised by the building elements of the installation and also about the technical and economical problems.

Energetica. 9 (1961) No. 10. p. 385–388

DC 662.64/66.004

Secară Gh. ; *Zamfir V.* : **Experiences carried out on the utilisation for energetic purposes of local indigeneous coal and their results.**

The authors give a description of tests carried out in view of solving the probleme of burning inferior coals in existant and to be constructed boilers. They continue by discussing the results achieved during the tests.

Energetica, 9 (1961) No. 10, p. 389–396

DC 621.181 : 662.642 : 622.932

Pănoiu N. ; *Carabogdan I.* ; *Singer G.* ; *Schwartz M.* ; *Petcu M* : **A 10 t/h lignite burning boiler with inverted feed stoker grate.**

A description is given of a 10 t/h lignite burning boiler with inverted feed stoker grate. The results achieved during some combustion tests are also presented.

Energetica, 9 (1961), No. 10, p. 396–402

DC 621.315.28.002.73

Vlad, A. : **Laying of an underground power line in the mountains.**

The article encloses a detailed description of the underground laying of a 10 kV dry insulated cable in a mountain area of difficult access with great level differences between the endpoints of the line.

Energetica, 9 (1961) No. 10, p. 403–408

DC 621.316.11.001.24 : 621.316.1.064.1

Stein, M. ; *Penescu, M.* : **Determining the parameters of a net operated with insulated neutral or with a blow-out coil in case of a monophased earth fault.**

The authors examine by use of a diagram the operating of a net in case of a monophased earth fault.

Energetica, 9 (1961) No. 10, p. 408–412

WORKING PROBLEMS

DC 621.311.22 : 621.186 : 620.191.004.4

Hercz. G. : **Methods of high temperature anticorrosive protection of carbon steel tubes, as applied in the power station Aghireș.**

Energetica, 9 (1961), No. 10, p. 413–415

DC 621.316.72 : 621.385.8

Racoveanu, C. : **Electronic control device „RC-1" attachable to automatic potentiometers and measuring bridges.**

Energetica, 9 (1961), No. 10, p. 416–417

REVIEWS

DOCUMENTATION

Recomandări pentru autori

1. Lucrările ce pot fi prezentate spre publicare sînt: de importanță generală, tehnico-științifice speciale, teoretice sau experimentale și tehnice obișnuite.

2. Lucrările vor fi axate pe aducerea la îndeplinire a sarcinilor trasate de Directivele Congresului al III-lea al P.M.R. și în plenara C.C. al P.M.R. — îndeosebi introducerea tehnicii noi, ridicarea calității produselor, reducerea prețului de cost, creșterea productivității muncii etc. Legătura cu practica muncii de cercetare, proiectare, învățămînt, producție este condiția esențială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuție să se refere la probleme noi și actuale, de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde considerații privind eficiența economică a soluțiilor. Se recomandă ca articolele să posede propuneri de viitor.

3. Verificarea experimentală se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.

4. Lucrările care au mai fost publicate integral sau parțial nu pot fi trimise redacției spre publicare.

5. Un scurt rezumat fixînd premisele de la care s-a pornit, problema studiată și cadrul în care este tratată, nedepășind 4—5 rînduri, se va anexa lucrării.

6. În introducere se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei și în preocupările producției; de asemenea, se arată scopul lucrării, subliniindu-se contribuția autorului. Tratarea va trebui să fie unitară, permițînd inteligibilitatea fără dificultăți a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstrații voluminoase; de asemenea se va evita repetarea în text a ceea ce poate fi găsit în literatura publicată, sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic-ilustrativ, tabele etc.

7. Concluziile vor concentra rezultate obținute cu indicarea limitei de valabilitate și aplicațiile posibile.

8. Citarea literaturii de specialitate este obligatorie pentru afirmațiile luate din alte lucrări și care nu sînt în general cunoscute.

9. Dezvoltările matematice vor fi limitate la cele absolut necesare înțelegerii raționamentului.

10. Se recomandă o atenție deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii și exponenții se vor scrie mai mici decît baza și așezați mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grijă literele majuscule, minuscule sau cele ruseți, romane, grecești, gotice etc.

11. Lista bibliografică se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (citi și figuri sau tabele), atît cele speciale cît și cele generale. Se vor indica toate datele în transcripții originale. Pentru cărți: numele complet, pronumele prescurtat, titlul complet (eventual și tradus în paranteză), ediția, editorul, locul editării, anul. Pentru articole: numele complet, pronumele prescurtat, titlul complet original (eventual și tradus în paranteză), revista, volumul, anul, numărul, paginile.

12. Scrisul la mașină al articolelor este recomandat cu insistență, exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic.

Se scrie pe o singură pagină față, la două rînduri (2 000 semne de pagină). Se recomandă 10—12 pagini dactilografiate.

13. Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicații.

14. Articolele se trimit cu o notă însoțitoare pe adresa redacției. În notă se vor indica: titluri, funcții, localitatea și adresa domiciliului, număr de telefon.

15. Lucrările executate în cadrul diverselor instituții sau organizații vor purta aprobarea acestora pentru publicare.

16. Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 de ore de la primire. Nu se admit modificări în corectură față de manuscris.

Către cititorii noștri

În scopul mobilizării inginerilor și tehnicienilor noștri în vederea îndeplinirii cu succes a sarcinilor măreț trasate de cel de-al III-lea Congres al P.M.R., îndeosebi pentru introducerea tehnicii noi, îmbunătățirea produselor, reducerea prețului de cost, creșterea productivității muncii, comitetul de redacție a luat numeroase măsuri privind îmbunătățirea conținutului și aspectului grafic al revistei noastre. Unele dintre aceste măsuri necesită explicații și îndrumare pentru a putea fi aplicate în mod rațional. Unele explcații se dau mai jos, iar pentru informații de detaliu rugăm pe cititorii noștri să se adreseze direct redacției revistei noastre.

Revista cuprinde următoarele părți: partea de fond, partea documentară și inseratele.

1. Partea de fond conține: articole, note, discuții, referate, recenzii, norme și standarde și cronică. Are paginile numerotate în continuare pe tot anul, iar la numărul 12 se anexează o tablă de materii sistematică și o listă alfabetică de autori, cu scopul ca partea de fond să se detașeze, să st lege, formînd colecția revistei.

1.1. Articole. Articole de fond privind luări de poziții, comentarii față de evenimente politice, economice și tehnice de importanță mare.

Articolele tehnico-științifice sau tehnologice (4—6 de fiecare număr al revistei) au caracter de originalitate sau sinteză; se publică în condițiile comunicate autorilor. Ele sînt precedate de o scurtă introducere redacțională, destinată a situa articolul în tematica revistei și în problematica actuală a domeniului, cu sublinierea importanței sau a interesului pe care îl comportă. Articolele sînt urmate de liste bibliografice, din care în viitor nu vor lipsi trimiteri la articole apărute anterior în revista noastră.

Pentru a ușura regăsirea unui articol într-o colecție de numere, fiecare articol este prevăzut cu un număr de clasificare zecimală care, împreună cu fișele documentare ale sumarelor în limba română și în patru limbi străine, permite identificarea obiectului articolelor și pentru cititorii străini care nu cunosc limba română.

În același timp, sumarele pe fișe (vezi mai jos) și tabelele de materii anuale pe cinci ani etc. dau posibilitatea găsirii ușoare a unui articol în colecție.

1.2. Notele sînt expuneri mai scurte și de o importanță mai redusă decît articolele. Ele pot avea un caracter de originalitate, se clasifică zecimal și se introduc în sumarele anuale.

1.3. Discuții asupra unor lucrări sau articole apărute, arătînd poziția luată în problema respectivă și răspunsul dat, se admit fără ca redacția să ia un angajament sau responsabilitate în ce privește părerile exprimate. Discuțiile au scopul să încurajeze lupta de opinii între autori și cititori.

1.4. Referatele sînt rezumate obiective (necritice) ale unor articole sau lucrări apărute în alte reviste din țară și din străinătate, care se consideră de către redacție a fi interesante și utile cititorilor. Indicația bibliografică este completă (inclusiv numărul de figuri, tabele și referințe bibliografice).

1.5. Recenziile sînt prezentări mai ample și critice ale unor lucrări de anvergură, cărți, monografii, disertații. Recenzorii se aleg de către redacție dintre persoanele competente în domeniul respectiv și care semnează prezentarea. Critica trebuie să fie constructivă și să permită îmbunătățiri la o nouă ediție.

1.6. Norme și standarde constituie o rubrică de prezentare a ultimelor știri privind redactarea și apariția de norme și standarde electrotehnice în țară și străinătate (norme internaționale).

1.7. Cronica servește la anunțarea sau reamintirea unor evenimente mai importante în domeniul electrotehnicii: congrese, conferințe, aniversări, comemorări etc.

2. Partea documentară a revistei este mult amplificată față de trecut, avînd în vedere nevoia acută de a promova și îmbunătăți documentația tehnico-științifică în masa inginerilor și tehnicienilor electricieni.

2.1. Sumarele sînt redactate în cinci limbi, sub formă de fișe bibliografice, decupabile, cu număr de clasificație zecimală și referințe bibliografice normale (denumirea și numărul revistei se repetă pe fiecare fișă). Dispuse pe fanioane care se detașează la scoaterea broșelor fiecărui număr, ele sînt destinate a fi decupate și ordonate în fișiere bibliografice individuale.

2.2. Titlurile unor articole recente din periodicele din țară și străinătate care pot prezenta interes pentru inginerii și tehnicienii noștri, dar nu pot fi referite mai pe larg (v. 1.4).

3. Inseratele sînt:

3.1. Anunțuri de evenimente și apeluri către cititori sau autori.

3.2. Reclame și prezentări de produse speciale ale unor întreprinderi din țară și străinătate.

Condițiile pentru inserarea de anunțuri și reclame se comunică de către redacție celor interesați.

Redacția speră că prin aceste măsuri să fi acționat în interesul cititorilor și își propune ca obiectiv să facă revista cît mai utilă, mai interesantă și mai vie.

E 2039

KAT

R

REFERALVA

ENERGETICA

11

Energetica — Vol. 9 — noiembrie nr. 11/1961 — p. 421-468 — București

1961

RECOMANDĂRI PRIVIND ÎNTOCMIREA ARTICOLELOR TEHNICO - ȘTIINȚIFICE

1. FONDUL ARTICOLELOR

1.1. **Lucrările** ce pot fi prezentate spre publicare sînt:

1.1.1. *de importanță generală* (principii noi, dispoziții noi, rezultate experimentale originale, studii teoretice inedite, ale unor fenomene fizice și procese tehnice cu caracter general);

1.1.2. *tehnico-științifice speciale, teoretice sau experimentale*, avînd contribuții originale, dar referindu-se la un domeniu de specialitate restrîns (extinderea valabilității unor dispoziții, aplicarea unor teorii sau metode cunoscute la o problemă nouă, rezultate experimentale inedite sau de control);

1.1.3. *tehnice obișnuite* (expunerea studiului unor probleme tehnico-științifice, discuții și critici ale unor rezultate cunoscute etc.).

1.2. **Legătura cu practica** muncii de cercetare, proiectare, învățămînt, producție, este condiția esențială pe care trebuie să o îndeplinească tema tratată. Lucrările de sinteză sau de discuție trebuie să se refere la probleme noi și actuale, de interes general. Articolele interesînd industria vor cuprinde considerații privind eficiența economică a soluțiilor, Se recomandă ca articolele să cuprindă propuneri de viitor.

1.3. **Verificarea experimentală** se impune ca necesitate de prim ordin la lucrările care se pretează la asemenea verificări.

1.4. **Lucrările** care au mai fost publicate integral sau parțial nu pot fi trimise redacției spre publicare.

2. FORMA ARTICOLELOR

2.1. **Organizarea lucrării**

2.1.1. *Titlul* va reprezenta, în minimum de cuvinte, obiectul lucrării.

2.1.2. *Numele* autorului va fi precedat de prenume.

2.1.3. *Un scurt rezumat* fixînd premizele de la care s-a pornit, problema studiată și cadrul în care este tratată, nedepășind 6—8 rînduri, se va anexa lucrării.

2.1.4. *Împărțirea* pe capitole se va face cu cîteva subtitluri potrivit alese, în număr strict necesar pentru o expunere clară a ideilor și înlesnirea orientării.

2.1.5. *Textul.* În introducere, se încadrează problema în preocupările generale ale disciplinei și în preocupările producției; de asemenea, se arată scopul lucrării, subliniindu-se expres contribuția autorului. Tratarea va trebui să fie unitară, permițînd inteligibilitatea fără dificultăți a problemelor. Se vor evita introduceri sau demonstrații voluminoase; de asemenea, se va evita repetarea în text a ceea ce poate fi găsit în literatura publicată sau poate fi redat intuitiv prin materialul grafic-ilustrativ, tabele etc.

2.1.6. *Concluziile* vor concentra rezultatele obținute, cu indicarea limitei de valabilitate și aplicațiile posibile.

2.1.7. *Anexele* pot cuprinde demonstrații originale sau absolut necesare înțelegerii formulelor din text; de asemenea, în anexe se pot da exemple de calcul în cazul articolelor care necesită asemenea exemple.

2.1.8. *Citarea literaturii de specialitate.* Afirmațiile luate din alte lucrări și care nu sînt general cunoscute vor fi referite la lista bibliografică de la sfîrșitul lucrării. Referirea se va face indicîndu-se poziția lucrării în lista bibliografică, în paranteze drepte.

2.2. **Prezentarea lucrării**

2.2.1. *Nivelul* articolelor va fi înalt.

2.2.2. *Stilul.* Redactarea va fi clară și concisă. Ortografia va fi în concordanță cu regulile Academiei R.P.R. Nu se admit prescurtări cu excepția celor unanim cunoscute.

(Continuare pe coperta a III-a)

E 2039

ENERGETICA

ANUL 8 Nr. 11 NOIEMBRIE 1961

MŰSZAKI KÖNYVTÁR 1953

CUPRINS

CZ 621. 311.21 :621.65/67(43)

Cogălniceanu Al. : **Uzinele hidroelectrice cu pompaj din R.D.G.**

Se prezintă resursele energetice ale R.D.G., dezvoltarea şi perspectivele dezvoltării energeticii pînă în 1980, pentru a justifica apariţia uzinelor cu pompaj. Apoi se descriu uzinele cu pompaj mai importante din R.D.G. aflate în exploatare şi în construcţie.

Energetica, 9(1961) nr. 11, p. 421—432

CZ 621.316, 268, 001

Nitu V. I. : **O nouă schemă pentru centralele şi staţiile de transformare la tensiunea de 6—10 kV**

Articolul se ocupă de succesiunea aparatajului din plecări şi în special locul bobinelor de reactanţă. Se propune o schemă nouă care permite introducerea celulelor prefabricate capsulate şi remediază unele deficienţe ale schemelor cunoscute.

Energetica, 9(1961) nr. 11, p. 433—439

CZ 621.5 :669.004

Niculescu I. : **Tehnica nouă privind utilizarea energiei pneumatice în industria metalurgică**

Se expun şi se demonstrează avantajele utilizării aerului comprimat în maşini cu piston cu expansiune.

Energetica, 9(1961) nr. 11, p. 440—452

DISCUŢII

CZ 621.3.016.25 :621.311.003.1

Arie E. : **Considerarea investiţiilor din centrale în calculul eficacităţii compensării puterii reactive.**

Se fac observaţii asupra criteriilor de apreciere a eficacităţii compensării puterii reactive, subliniindu-se în special necesitatea de a se ţine seama în calcule de investiţiile necesare în centrale pentru asigurarea puterii active consumate prin pierderi şi pentru producerea puterii necompensate.

Energetica, 9(1961) nr. 11, p. 453—458

CRONICA, 459—461

RECENZII, 461—463

DOCUMENTARE, 463

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. ing. I. D. STĂNCESCU, redactor responsabil, conf. ing. **C. MIHĂILEANU,** redactor responsabil adjunct, conf. ing. **I. A. BADEA,** prof. ing. **M. BERCOVICI,** membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, ing. **M. COGĂLNICEANU,** conf. ing. **E. CONSTANTINESCU,** ing. **P. DIMO,** laureat al Premiului de Stat, prof. ing. **C. DINCULESCU,** membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. **I. V. HERESCU,** conf. ing. **N. MOLDOVEANU,** prof. ing. **C. PENESCU,** ing. **T. POPA,** ing. **S. SĂNDULESCU** și ing. **P. VICOL**

Revista **„ENERGETICA"**, organ al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. și al Ministerului Industriei Minelor și Energiei Electrice. Redacția și administrația: București, Str. Ion Ghica Nr. 3 Raion Tudor Vladimirescu, Telefon 14.15.95—14.06.24. Revista este editată de A.S.I.T. — Abonamentele se primesc la administrația revistei, la sediul filialei A.S.I.T. din întreaga țară și prin responsabilii cu presa din cercurile A.S.I.T. — Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinete tehnice în contul nostru de virament: Publicațiile Tehnice A.S.I.T. 070124 B.R.P.R. Filiala I. V. Stalin — București — Tarif pentru întreprinderi: lei 100 anual. Tarif pentru muncitori, tehnicieni și ingineri: lei 30 anual — Prețul unui exemplar: lei 5 — Tiparul: Întreprinderea Poligrafică Nr. 2, București, c. 4213

ENERGETICA
ANUL 9
1961
Nr. 11
NOIEMBRIE
ORGAN AL ASOCIAŢIEI ŞTIINŢIFICE A INGINERILOR ŞI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.
ŞI AL MINISTERULUI MINELOR ŞI ENERGIEI ELECTRICE

Uzinele hidroelectrice cu pompaj din R. D. Germană

Ing. *AL. COGĂLNICEANU*

Pe teritoriul R. D. Germane au apărut primele uzine hidroelectrice importante cu pompaj, dezvoltarea lor continuînd în decursul timpului.

În cele de mai jos se vor analiza pe scurt cauzele care au determinat apariţia acestui tip de amenajare hidroelectrică ţinînd seama de resursele energetice, structura consumatorilor şi centralelor electrice, evoluţia consumului de energie electrică, şi se va face descrierea celor mai importante uzine cu pompaj, în exploatare şi în construcţie.

1. Resursele energetice ale R.D.G.

a) *Resursele de combustibili clasici* (cărbune, petrol). Cărbunele brun constituie principala resursă energetică a R.D.G. Rezervele geologice de cărbune brun sînt evaluate la 49 miliarde tone, din care 25 miliarde în zăcăminte ce pot fi exploatate la zi. Circa 63% din totalul rezervelor de cărbune brun se găsesc în bazinul Senftenberg.

În prezent, cărbunele brun se exploatează în trei bazine: Borne, Halle şi Senftenberg. Majoritatea cărbunelui (98%) se obţine prin exploatare la zi.

Cărbunele superior se găseşte în cantităţi destul de reduse în zona Zwickau-Ellschütz, rezervele fiind evaluate la 162 milioane tone.

Rezervele de turbă sînt apreciate la 1,5 miliarde tone, fiind situate în special în nordul R. D. G. Producţia anuală de turbă este de circa 200 000 tone.

Pe teritoriul R. D. Germane nu s-au găsit încă rezerve importante de petrol, deşi există date asupra posibilităţii existenţei unor zăcăminte în unele regiuni. Astfel, în 1959 s-a obţinut petrol în regiunea Müllhausen.

Pentru satisfacerea nevoilor mereu crescînde ale economiei naţionale, R. D. G. este nevoită să importe unii combustibili, în special cărbune superior, cocs şi produse petroliere.

b) *Potenţialul hidroenergetic al R. D. G. şi gradul lui de utilizare.* Potenţialul hidroenergetic al R. D. G. este redus, datorită condiţiilor naturale pe care le prezintă teritoriul ţării şi anume:

— precipitaţiile sînt reduse, fiind cuprinse pe cea mai mare parte a teritoriului între 550...600 mm/an. Pe zone locale, în munţii din sudul ţării, precipitaţiile se ridică pînă la 1 200 mm/an.

— relieful este puţin accidentat, neexistînd munţi înalţi, care să permită obţinerea unor căderi mai importante.

— văile rîurilor şi fluviilor mai importante (Oder, Elba, Spree) sînt foarte populate, ceea ce limitează de asemenea posibilităţile de amenajare de uzine hidroelectrice.

Potenţialul tehnic amenajabil al cursurilor de apă din R. D. G. (fără Elba) este evaluat la 1 200 milioane kWh, puterea instalată corespunzătoare fiind de 300 000 kW, iar puterea medie de 160 000 kW.

Fluviul Elba prezintă un potenţial hidroenergetic deosebit de însemnat pentru R. D. G. În schema de amenajare iniţială a acestui rîu au fost prevăzute 13 uzine hidroelectrice de tip baraj, în cascadă. Aceste uzine de mică cădere (între 6,42 m şi 8,13 m) amenajau o cădere totală de 110,16 m. Puterea instalată însuma 500 000 kW, iar producţia anuală de energie electrică circa 3 miliarde kWh.

Inundaţiile mari care se produceau în această schemă de amenajare au impus mărirea numărului de trepte de la 13 la 23. În acest caz puterea instalată s-a redus la 350 000 kW, iar producţia de energie la 1,3 miliarde kWh.

Investiţiile importante legate de realizarea cascadei au făcut ca aceasta să fie prevăzută a se executa într-un viitor mai îndepărtat, cu eşalonarea execuţiei pe o perioadă mare de timp.

În prezent, din potenţialul tehnic al R. D. G. (fără uzinele care se pot amenaja pe Elba) este utilizat circa o treime. O largă răspîndire au amenajările hidromecanice, care sînt folosite pentru antrenarea directă a maşinilor de lucru ale unor industrii. Majoritatea amenajărilor hidroelectrice sînt de mică putere.

Astfel în R. D. G. există amenajate circa 6 000 căderi de apă, hidromecanice și hidroelectrice de tip clasic, repartizate astfel:

	Număr	Putere instalată (kW)	Putere medie (kW)	Producție de energie (GWh)
Amenajări mici	4 000	30 000	15 000	115
Amenajări mai mari	2 000	100 000	45 000	335
Total	6 000	130 000	60 000	450

Dintre cele 2 000 de amenajări mai mari, numai 32 de tip clasic gravitațional au o putere instalată mai mare de 500 kW, dispunînd de o putere instalată totală de 40 000 kW, o putere medie de 20 000 kW și o producție anuală de energie de 150 GWh/an.

Cea mai mare uzină hidroelectrică de tip clasic este UHE de vîrf Kriebstein, de tipul uzină baraj, care dispune de o putere instalată de 25 300 kW.

În afară de amenajările hidroelectrice gravitaționale, în R. D. G. sînt în funcțiune trei uzine hidroelectrice importante cu pompaj și anume:

Denumirea UHEP	Tipul amenajării	Puterea instalată (kW)
Niederwartha	Pompaj pur	129 000
Bleiloch	Pompaj mixt	40 000
Hohenwarte I	Pompaj mixt	40 000
Total	—	209 000

2. Dezvoltarea energeticii R.D.G. pînă în anul 1960

La sfîrșitul celui de-al doilea război mondial pe teritoriul R. D. G. erau distruse circa 40% din numărul instalațiilor energetice. Puterea instalată a centralelor electrice coborîse la 3 024 MW, producîndu-se în 1945, în total, 6,5 TWh, față de 14,0 TWh produse în 1936.

La sfîrșitul primului cincinal au fost refăcute majoritatea centralelor distruse în timpul războiului și s-a început construirea unor centrale noi de mare putere.

Dinamica creșterii puterii instalate și producției de energie a centralelor electrice este arătată în tabela de mai jos.

Pentru anul 1960 se prevedea ca puterea maximă disponibilă să atingă 7 250 MW, iar producția de energie electrică circa 41,5 TWh.

În producția de energie electrică pe locuitor, R. D. G. a depășit multe țări capitaliste dezvoltate ca Franța, Italia, R. F. Germană ș.a. Producția de energie electrică pe locuitor a fost în 1958 de 2 010 kWh/locuitor iar pentru 1960 era prevăzut să atingă valoarea de 2 360 kWh/locuitor.

Baza dezvoltării energetice a R. D. G. o constituie centralele termoelectrice. Pentru exemplificare, în cele mai jos se indică participarea diferitelor surse energetice la producția de energie electrică în anul 1959:

Anul	Puterea instalată (MW)	Puterea maximă disponibilă (MW)	Producția de energie electrică (TWh)
1950	4817	—	19,5
1951	4827	3709	21,4
1952	4840	3870	23,2
1953	4880	4100	24,3
1954	5414	4561	26,0
1955	5925	5056	28,7
1956	6162	5429	31,2
1957	6455	5524	32,7
1958	6832	6044	34,8
1959	7298	6447	37,2

Cărbune superior	1660	GWh	4,5%
Cărbune brun	26636	,,	71,4%
Cărbune brun brichetat	2676	,,	7,2%
Semicocs	3839	,,	10,3%
Energie hidroelectrică	536	,,	1,4%
Petrol	60	,,	0,2%
Gaze naturale și industriale	1590	,,	4,3%
Diverse alte surse	251	,,	0,7%
Total	37248	GWh	100 %

Industria reprezintă consumatorul principal de energie electrică din R. D. G. Principalele ramuri industriale, mari consumatoare de energie electrică, sînt:

			din totalul consumului de energie în 1959
— industria chimică	11 886	GWh	31,9
— industria minieră	4 958	GWh	12,3
— metalurgia	2 177	GWh	5,9
— industria metalurgică prelucrătoare	2 027	GWh	5,4
— industria ușoară	2 375	GWh	6,4
— consum casnic, edilitar	2 602	GWh	7,0
— agricultură	1 143	GWh	3,1
— pierderi în rețele etc.	2 310	GWh	6,2

Majoritatea centralelor termoelectrice din R. D. G. sînt de putere mică și mijlocie, echipate cu grupuri de parametri coborîți. Ponderea centralelor echipate cu grupuri avînd presiunea peste 60 ata reprezintă abia 15...20% din puterea totală instalată. Aceste cauze au făcut ca indicii tehnico-economici ai CTE să fie relativ coborîți, după cum se constată din datele cuprinse în tabela de mai jos:

Anul	1955	1956	1957	1958
Consumul specific de căldură kcal/kWh	5 173	4 907	4 718	4 553
Consumul specific de combustibil kg/kWh	0,739	0,701	0,674	0,650
Randamentul, %	16,6	17,5	18,2	18,9
Personalul de exploatare, om/MW	4,5	4,57	4,22	3,82

După cum se constată din aceste date, s-a căutat continuu să se ridice randamentul centralelor şi să se reducă consumul specific de combustibil şi personalul de exploatare. La aceasta a contribuit darea în exploatare a centralelor termoelectrice noi cu grupuri de puteri unitare ridicate.

Puterea unitară maximă a grupurilor din CTE a evoluat astfel:

1953 — 12,5 MW
1954 — 25,0 MW
1955 — 32,0 MW
1957 — 50,0 MW
1958 — 75,0 MW

Centralele termoelectrice cele mai mari în funcţiune sînt CTE Espenheim de 300 MW CTE Bitterfeld de 246 MW, CTE Hirschfeld de 200 MW (la parametri de 16 ata, 400°C şi grupuri de la 15 la 50 MW), CTE Elba de 288 MW (9 grupuri de 32 MW la parametri de 84 ata, 500°C) etc.

În R. D. Germană sînt dificultăţi legate de acoperirea vîrfului de sarcină de toamnă şi iarnă. Pentru aceasta s-au luat o serie de măsuri pentru reducerea consumului propriu al instalaţiilor şi pentru asigurarea puterii maxime a centralelor în orele de sarcină maximă a sistemului energetic. S-a reuşit să se reducă consumul propriu al centralelor în orele de vîrf cu 40...70 MW. Aceasta, împreună cu planificarea raţională a funcţionării centralelor, a permis să se obţină o putere suplimentară pentru acoperirea vîrfului de sarcină de peste 100 MW.

De asemenea, s-au luat o serie de măsuri pentru aplatisarea curbei de sarcină, prin reducerea consumului anumitor industrii în orele de sarcină şi planificarea reparaţiilor în special în perioadele de vară.

Consumul important de energie electrică a cerut construirea unor uzine cu specific de vîrf. Întrucît R. D. G. nu dispune de suficiente resurse de combustibili (petrol, gaze naturale) şi hidraulice pentru amenajarea de uzine cu specific de vîrf, a fost necesar să se amenajeze în decursul timpului uzine hidroelectrice cu pompaj.

3. Perspectivele dezvoltării energetice a R. D. Germane

Planul de dezvoltare energetică a R. D. Germane prevede şi pentru viitor o dezvoltare rapidă a producţiei de energie electrică, după cum se vede din datele de mai jos şi din diagramele din fig. 1 şi 2.

Pentru asigurarea acestor creşteri importante de consum de energie, s-a prevăzut instalarea de grupuri de putere unitară mare. Astfel, se prevede ca primele agregate de 100 MW să intre în funcţiune în anul 1962, iar cele de 200 MW în 1966. Centralele termoelectrice cele mai însemnate, a căror construcţie se prevede pînă în 1965, sînt: CTE

Anul	1965	1970	1975	1980
Producţia de energie (TWh)	63	93	138	200
Puterea instalată în centrale (MW)	11 850	18 000	27 000	40 000
Producţia de energie pe locuitor (kWh/loc)	3 590	5 200	7 200	10 000

Lübbenau (1 300 MW), Vetschau (1 200 MW), Berzdorf (500 MW) şi Schwarze Pumpe (500 MW). În paralel cu creşterea puterii unitare a grupurilor, se va trece şi la utilizarea parametrilor superiori ai aburului de 130 şi 165 ata. Aceasta va conduce la îmbunătăţirea randamentului, reducerea consumului de metal pe 1 kW instalat, micşorarea consumului specific de combustibil şi a personalului de exploatare. Astfel, se prevede ca în anul 1975 consumul specific mediu de combustibil să scadă pînă la 2 800 kcal/kWh, iar personalul de exploatare să ajungă la 1,6 oameni pe 1 MW instalat.

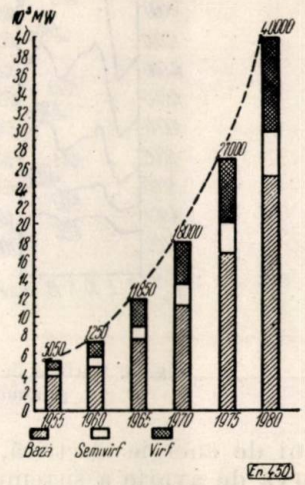


Fig. 1. Evoluţia puterii în centralele electrice.

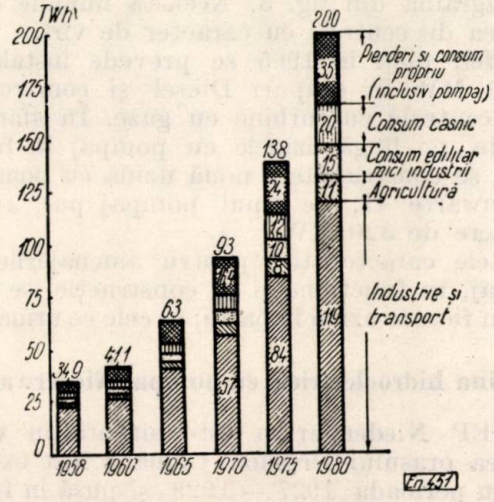


Fig. 2. Evoluţia necesarului de energie electrică.

Pentru acoperirea consumului de energie prevăzut în viitor va trebui să se apeleze într-o

proporție însemnată la centrale nuclearo-electrice, prima centrală de acest tip cu o putere de 70 MW fiind în construcție.

Puterea instalată în centrale electrice va crește într-o proporție mai mare decît consu-

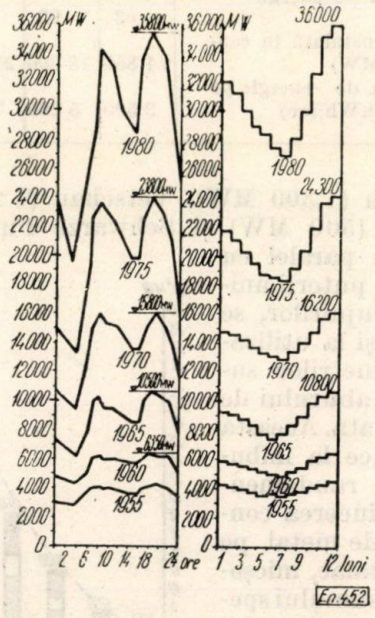


Fig. 3. Curbele de sarcină zilnice și anuale.

mul de energie electrică, pentru a se mări rezerva de avarie a sistemului energetic. De asemenea, se prevede o scădere a duratei de utilizare a puterii instalate care va coborî de la 6 730 ore în 1958, la 6 050 ore în 1965 și 5 800 în 1975. Diferența de putere între sarcina maximă și minimă zilnică și între lunile anului va crește continuu, după cum se vede în diagrama din fig. 3. Aceasta impune construirea de centrale cu caracter de vîrf.

Astfel, pînă în 1965 se prevede instalarea a 900 MW în grupuri Diesel și construirea unor centrale cu turbine cu gaze. În afară de aceasta, pe lîngă uzinele cu pompaj în funcțiune, se construiește o nouă uzină cu pompaj, Hohenwarte II, de tipul pompaj pur, avînd o putere de 320 MW.

Datele caracteristice pentru amenajările cu pompaj, în funcțiune și în construcție, se dau pentru fiecare uzină în parte, în cele ce urmează.

4. Uzina hidroelectrică cu pompaj Niederwartha

UNEP Niederwartha este situată în vecinătatea orașului Dresden. Uzina a fost executată în perioada 1927 — 1929 și pusă în funcțiune în 1930, fiind prima amenajare de pompaj de mare putere din lume. Puterea acestei uzine era de 88 MW, instalată în patru grupuri de pompaj. Grupurile cu ax orizontal, construite în anul 1929, au realizat pentru prima oară în lume ideea asamblării turbinei, pompei și mașinii electrice pe un singur ax.

Lucrările pentru repunerea ei în funcțiune au început în anul 1956, terminîndu-se în 1958, cu punerea în funcțiune a celui de-al 4-lea grup, puterea instalată totală fiind de 86 000 kW.

În perioada 1958 — 1960 au continuat lucrările la această centrală pentru extinderea ei cu încă două grupuri, pentru a ridica puterea instalată a centralei la 129 000 kW. Extinderea a fost posibilă datorită condițiilor locale favorabile și capacității de acumulare relativ mari a celor două lacuri de acumulare, precum și faptului că extinderea acestei centrale a fost prevăzută încă de la început.

Bazinul de acumulare superior este amplasat pe o vale secundară, cu un aport de debit cu totul neglijabil, astfel că apa pentru pompare și pentru compensarea pierderilor este luată din Elba.

Pentru crearea acumulării superioare s-a construit un baraj de pămînt de 42 m înălțime și 350 m lățime la bază. Suprafața lacului astfel creat este de 30 ha, iar volumul total acumulat de 2,9 milioane m³. Înălțimea prismului util al lacului superior este de 9,5 m, la care corespunde un volum util de 1,9 milioane m³ și o capacitate energetică de 560 000 kWh.

Bazinul de acumulare inferior a fost creat artificial, în lunca rîului Elba. Digurile de pămînt ale bazinului inferior au înălțimea maximă de circa 6 m, depășind cu 2 m nivelul maxim al apelor Elbei.

Suprafața bazinului inferior este de 45 ha, variația maximă de nivel de 4,35 m, iar volumul util corespunzător de 2,5 milioane m³.

Căderea brută maximă între cele două lacuri este de 149,5 m, iar căderea medie de circa 145 m.

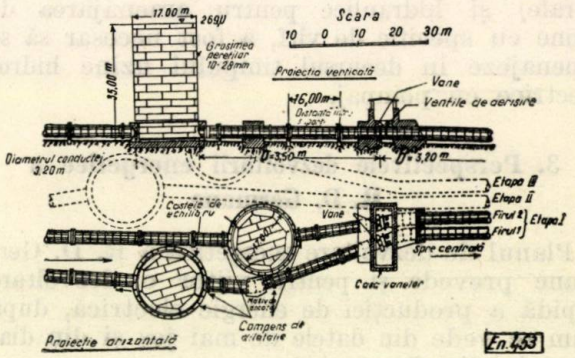


Fig. 4. Castelele de echilibru ale UHEP Niederwartha.

De la instalația de captare a bazinului de acumulare superior, apa este transportată prin trei conducte de beton armat (o conductă pentru două grupuri) de circa 1 km lungime

și diametrul de 3,2 m, care debușează fiecare în cîte un castel de echilibru.

Fiecare castel de echilibru (fig. 4, 5) are o înălțime de 36 m, un diametru de 17 m, iar

Fig. 5. Vedere a castelelor de echilibru ale UHEP Niederwartha.

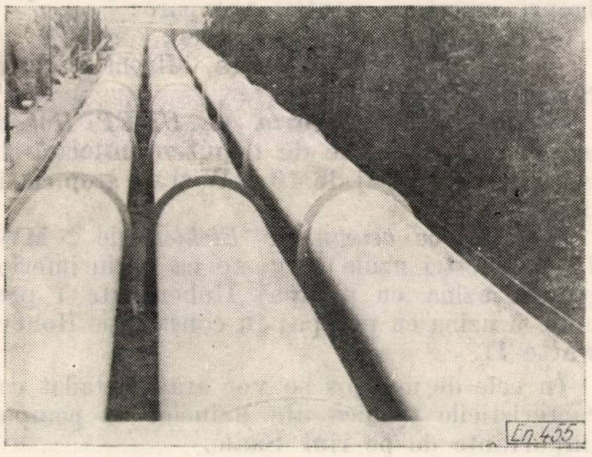


Fig. 6. Conductele forțate ale UHEP Niederwartha.

grosimea tolei metalice din care sînt făcuți pereții de 10...28 mm.

De la fiecare castel de echilibru pleacă cîte o conductă forțată (fig. 6) avînd lungimea de circa 800 m și diametrul variabil între 3,5 și 2,5 m. Grosimea tolei pereților este cuprinsă între 9 și 16 mm, în raport cu presiunea apei. Panta medie a conductei forțate este de 16°30'. Fiecare conductă forțată alimentează două grupuri.

Ca organe de închidere, între lacul de acumulare superior și inferior s-au prevăzut la instalația de captare a apei, pe lîngă batardouri, cîte o vană plană pe fiecare conductă care se închide în 20 secunde. Imediat după castelele de echilibru s-au prevăzut vane fluture, care se închid automat la depășirea unei anumite viteze limită a apei. Fiecare turbină și pompă este înzestrată cu cîte o vană sferică. De asemenea înaintea fiecărei turbine se găsește un regulator de presiune.

Toate grupurile instalate în această centrală sînt cu ax orizontal și amplasate transversal pe axul clădirii (fig. 7, 8). Caracteristicile principale ale primelor 4 grupuri, care au intrat în funcțiune pînă în 1958, sînt date în cele de mai jos :

Turbinele (de tip Francis)	
Debitul	18,1 m³/s
Căderea	132,0 m
Puterea	28 000 CP
Turația	375 rot/min
Randament	88,1 %
Pompele centrifuge (cu dublă aspirație)	
Debitul	10,2 m³/s
Înălțimea de refulare	150 m
Puterea	24 800 CP
Randamentul	86,5 %
Mașina electrică	
Puterea	31 500 kVA
Tensiunea	10,5 kV
Turația	375 rot/min
cos φ	0,7
Debitul de aer pentru răcire	53 m³/s
Momentul de inerție	700 t m²

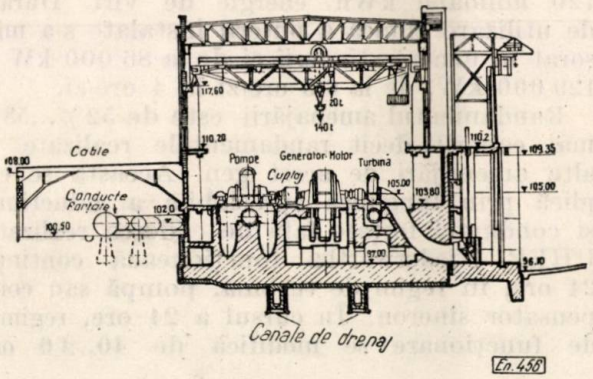


Fig. 7. Secțiunea transversală prin centrala Niederwartha.

Fig. 8. Sala mașinilor UHEP Niederwartha.

Pornirea pompei se face cu mașina electrică în funcțiune.

Turația pompei se aduce la turația nominală de 375 rot/min cu ajutorul unei turbine de pornire Pelton montate pe axul pompei. Cuplarea axului pompei cu axul principal se face cu ajutorul unei coroane circulare dințate, care cuplează pompa la axul principal atunci cînd turația ei este egală cu turația mașinii electrice (375 rot/min). Cuplarea se poate face fie automat fie manual cu ajutorul unui stroboscop. Cuplajul între turbină și mașina electrică este rigid.

În cazul funcționării în regim de pompă, camera spirală a turbinei este umplută cu aer comprimat pentru a împiedica pătrunderea apei. În funcționarea în regim de turbină pompa este decuplată.

Pentru alimentarea serviciilor proprii, există în centrală un grup de casă, alcătuit dintr-o turbină Francis cu ax vertical și un generator de 1 000 kVA.

Fiecare mașină electrică sincronă are excitația asigurată de un generator de 243 kW care funcționează de asemenea pe baza utilizării energiei hidraulice.

Această centrală produce în medie anual 120 milioane kWh energie de vîrf. Durata de utilizare zilnică a puterii instalate s-a micșorat în urma extinderii ei de la 86 000 kW la 129 000 kW, de la 6,5 ore/zi la 4 ore/zi.

Randamentul amenajării este de 52%...53% mai coborît decît randamentele realizate la alte amenajări de acest gen. Aceasta se explică prin lungimea apreciabilă a aducțiunii și conductei forțate față de căderea realizată. UHEP Niederwartha funcționează continuu 24 ore, în regim de turbină, pompă sau compensator sincron. În cursul a 24 ore, regimul de funcționare se modifică de 40...60 ori.

5. Amenajarea rîului Saale

Cursul superior al rîului Saale, un afluent al Elbei, are o importanță deosebită pentru întreaga economie a R. D. Germane.

Pe acest rîu s-au amenajat două baraje cu lacuri de acumulare importante (Bleiloch și Hohenwarte), pentru folosirea complexă a apelor și anume :

— producerea de energie electrică ;

— protecția împotriva viiturilor în bazinul inferior al acestui rîu ;

— asigurarea debitului necesar navigației pe Elba în perioadele secetoase ;

— asigurarea debitelor necesare pentru alimentarea cu apă a industriilor în perioadele secetoase.

Potențialul hidroenergetic al cursului superior al rîului Saale este utilizat aproape în întregime prin 5 uzine hidroelectrice cu acumulare de tip baraj, amenajate în cascadă. Existența a două lacuri de acumulare importante, ca și a unor lacuri aval de volum suficient, a făcut ca trei din aceste uzine să fie prevăzute cu grupuri de pompaj. Dintre acestea deosebit de importante sînt amenajările Bleiloch de 40 MW și Hohenwarte I de 40 MW, uzine de pompaj mixt (cu aport natural de debit în bazinul superior).

O altă uzină hidroelectrică cu pompaj, deosebit de importantă, care este în execuție în acest bazin, este uzina Hohenwarte II de tipul de pompaj pur, care va dispune de o putere instalată de 320 MW și va folosi ca lac inferior lacul de acumulare al unei centrale de pe rîul Saale.

Schema de amenajare a rîului Saale cuprinde următoarele amenajări (fig. 9) :

Barajul Bleiloch cu uzină baraj de pompaj aferentă de 40 MW.

— *UHE cu acumulare Burgkhammer* de 2 MW. Lacul acestei uzine servește ca bazin inferior pentru uzina cu pompaj Bleiloch.

— *UHEP Wisenta*, care dispune de grupuri cu pompaj de 3,4 MW și grupuri obișnuite de 1,7 MW. Această centrală utilizează două lacuri superioare pentru pompare :

— lacul UHE Burgkhammer ;

— un lac pe rîul Wisenta, afluent al rîului Saale.

— *Barajul Hohenwarta* și *UHEP Hohenwarte I* care dispune de o putere instalată în grupuri cu pompaj de 40 MW și un grup clasic de 5,5 MW.

— *UHE cu acumulare Eichicht* de 2 MW. Lacul acestei uzine servește ca bazin inferior pentru uzina cu pompaj Hohenwarte I precum și uzina cu pompaj în construcție Hohenwarte II.

În cele de mai jos se vor arăta detailat caracteristicile tehnice ale uzinelor cu pompaj importante de pe rîul Saale.

6. Uzina hidroelectrică cu pompaj Bleiloch

UHEP Bleiloch a fost executată în perioada 1926 — 1932 fiind o amenajare de tip uzină baraj cu pompaj mixt (fig. 10).

Suprafața bazinului de recepție a rîului Saale în punctul de captare este de 1 232 km², iar debitul mediu multianual de 13,35 m³/s.

Barajul Bleiloch, care creează acumularea superioară, este de tipul de greutate arcuit. Înălțimea maximă a barajului este de 65 m, iar lungimea la coronament de 205 m. Grosimea barajului la coronament este de 7,2 m iar la talpă de 46,15 m. Volumul de beton al barajului este de 180 000 m³.

Lacul de acumulare superior, creat în spatele acestui baraj, are o suprafață de 920 ha, și o lungime de 28 km. Volumul total acumulat este de 215 milioane m³, iar volumul util de

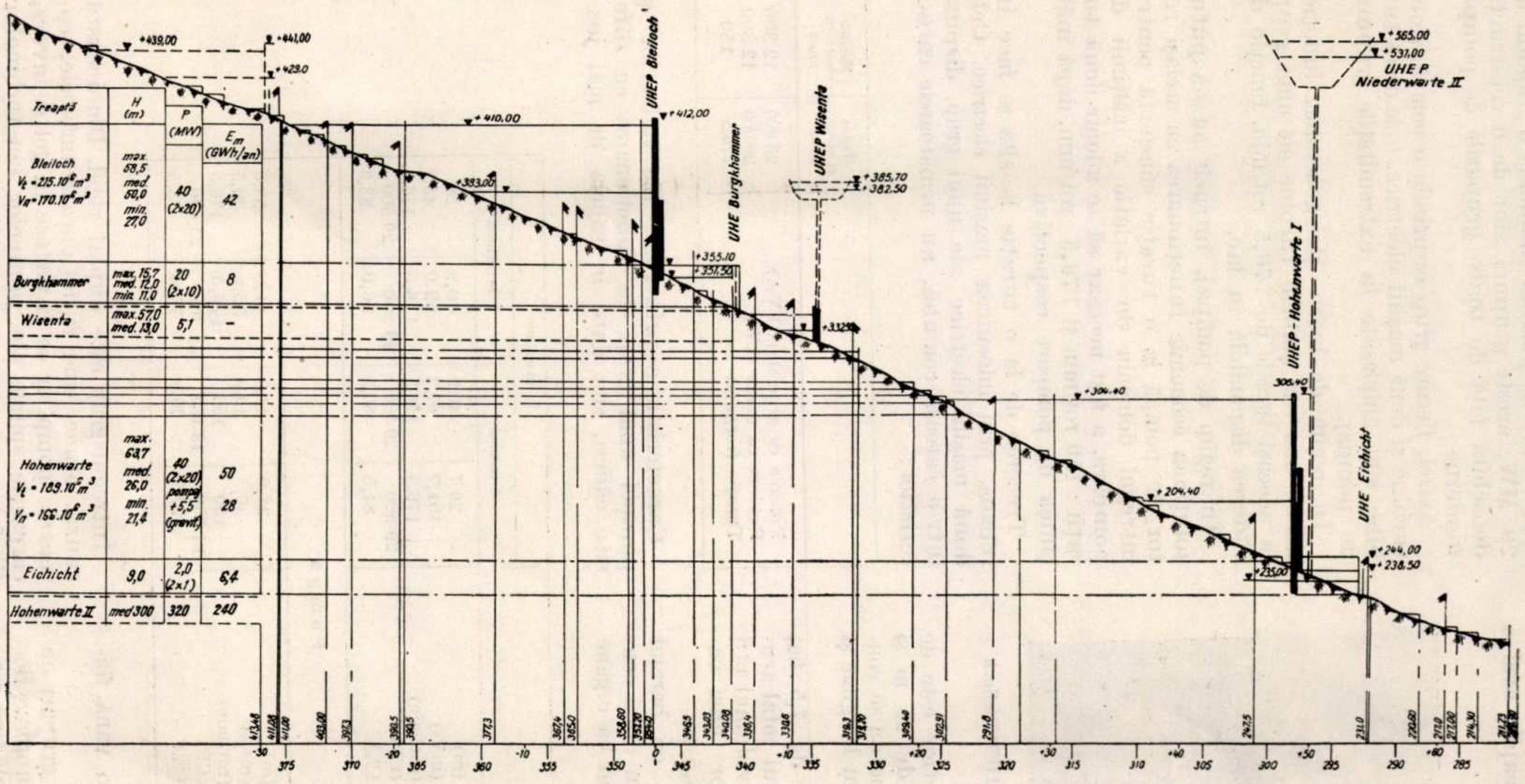


Fig. 9. Schema de amenajare a rîului Saale.

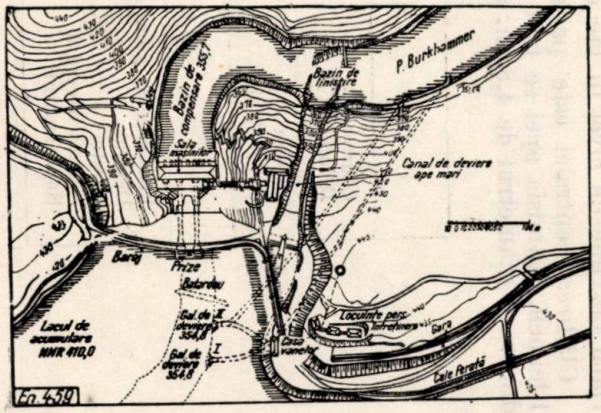


Fig. 10. Amenajarea hidroelectrică Bleiloch.

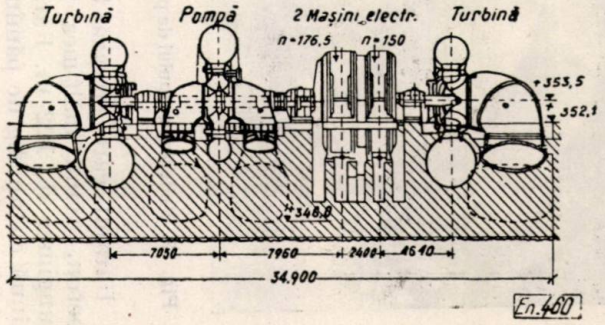


Fig. 11. Grup de pompaj al UHEP Bleiloch.

170 milioane m³, corespunzător unei variații maxime de nivel în lac de 27 m.

Ca bazin inferior este utilizat lacul UHE Burghammer, care constituie treapta aval a uzinei Bleiloch.

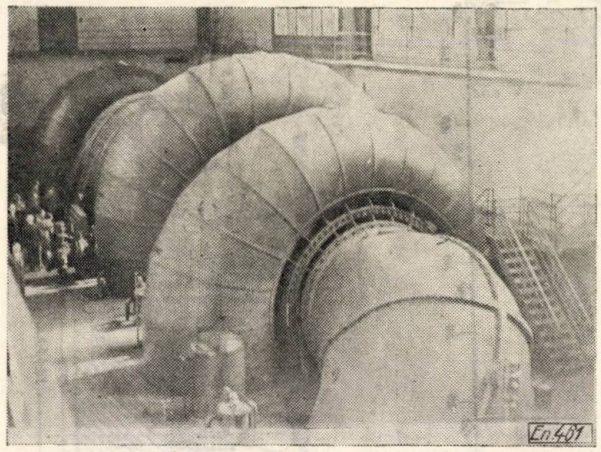


Fig. 12. Vedere a grupului de pompaj al UHEP Bleiloch.

Barajul care creează lacul inferior este de beton, avînd înălțimea maximă de 22 m și lungimea de 122 m. Barajul de beton se continuă cu un dig de pământ de 76 m lungime și 12 000 m³ volum de pământ.

Suprafața lacului inferior este de 7,5 ha, iar lungimea lui de 6,5 km. Volumul total acumulat este de 6 milioane m³, iar volumul util de 3,5 milioane m³, corespunzător unei variații maxime de nivel în lac de 5,5 m.

Clădirea centralei este paralelă cu barajul Bleiloch. Admisia apei se face prin două conducte cu diametrul de 4,8 m, avînd ca organe de închidere cîte o vană plană și o vană fluture.

Centrala este echipată cu două grupuri de pompaj cu ax orizontal de 12 m lungime fiecare, dispuse longitudinal cu axul clădirii centralei. Fiecare grup are o putere de 20 MW (fig. 11, 12).

Datorită variațiilor mari de cădere (între 26,7 și 58 m) și condiției impuse de a se obține la orice cădere puterea nominală a grupului de 20 MW, aceste grupuri sînt de o construcție deosebită față de toate grupurile de pompaj moderne.

Astfel, fiecare grup cuprinde o pompă, două turbine și două mașini electrice. Cele două turbine sînt amplasate la extremitățile grupului de pompaj.

În regim de lucru de generator, funcționează una sau ambele turbine ale unui grup, la aceeași turație de 176,5 rot/min, funcție de căderea disponibilă în lac.

În regim de pompaj, întrucît nu s-a putut soluționa economic funcționarea cu același rotor de pompă la o turație constantă pentru întregul domeniu de variație a înălțimii de pompare, a fost necesar să se adopte două turații : 150 rot/min și 176,5 rot/min, după înălțimea de pompare respectivă.

Trecerea de la o turație la alta se face în repaos, prin înlocuirea mașinii electrice. Cele două mașini electrice ale unui grup, dispuse într-o carcasă comună, au următoarele caracteristici :

	Mașina electrică mare	Mașina electrică mică
Puterea ca generator (kVA)	25 000	12 300
Puterea ca motor (kW)	20 000	12 300
Turația (rot/min)	176,5	150

Caracteristicile principale ale turbinelor și pompei unui grup, la funcționarea cu diferite căderi, sînt date în tabela de mai jos :

		În funcțiune			
		2 turbine		1 turbină	
Căderea	(m)	26,7	40,9	40,9	58
Debitul	(m³/s)	101,7	67,2	62,9	45,7
Turația	(rot/min)	176,5	176,5	176,5	176,5
Puterea	(CP)	29 500	29 500	29 500	29 500
Randamentul	(%)	81,5	80,5	86,0	83,3
Pompa					
Înălțimea de pompare	(m)	28,0	41,0	41,0	58,0
Debitul	(m³/s)	30,5	19,0	35,0	20,5
Turația	(rot/min)	150	150	176,5	176,5
Puterea necesară	(CP)	14 750	13 150	24 200	21 000
Randamentul	(%)	77,5	79,0	79,0	75,5

Întregul grup este cuplat rigid. Din această cauză, atunci cînd funcționează turbinele, rotoarele pompelor se învîrtesc în gol și invers, carcasele spirale ale pompelor sau turbinelor fiind umplute cu aer comprimat.

Producția anuală medie de energie a UHEP Bleiloch este de cca. 42 GWh.

7. Uzina hidroelectrică cu pompaj Hohenwarte I

La construirea celui de-al doilea baraj mare de pe rîul Saale, la Hohenwarte, pe lîngă o uzină clasică cu o putere de 5500 kW, la baza barajului s-a construit şi o uzină de acumulare prin pompaj, întrucît aci (întocmai ca şi la Bleiloch) s-a oferit ca bazin superior lacul de acumulare Hohenwarte, iar ca bazin inferior lacul de compensare Eichicht situat în aval.

Hotărîrea de a se reconstrui această uzină hidroelectrică ca uzină de pompaj s-a luat în 1956, după ce prin cercetări s-a constatat că volumul util al lacului Eichicht este suficient atît pentru uzina de pompaj Hohenwarte I, cît şi pentru uzina de pompaj Hohenwarte II a cărei construcţie începuse între timp şi care foloseşte de asemenea lacul de compensare Eichicht ca bazin inferior.

Suprafaţa de recepţie a rîului Saale, în punctul de captare, este de 1650,6 km², iar debitul mediu multianual de 15,2 m³/s.

Schema acestei uzine este dată în fig. 13.

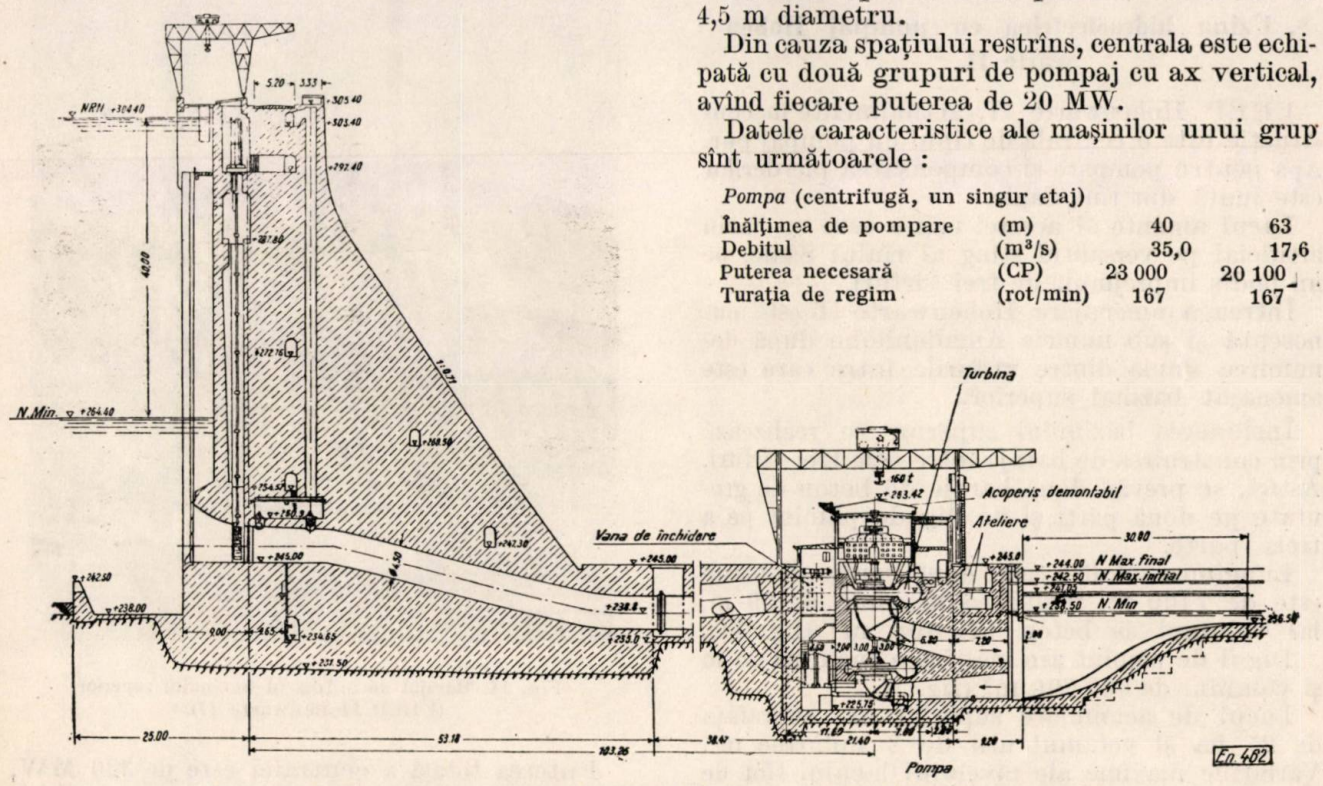


Fig. 13. Secţiune transversală prin barajul şi clădirea centralei UHEP Hohenwarte I.

Barajul Hohenwarte care creează acumularea superioară este de tipul de greutate.

Înălţimea maximă a barajului este de 75 m, iar lungimea la coronament de 205 m. Grosimea barajului la coronament este de 7,2 m, iar la talpă de 54,68 m. Volumul de beton al barajului este de 450 000 m³.

Lacul de acumulare superior creat de acest baraj are o suprafaţă de 720 ha şi o lungime de 27 km. Volumul total acumulat este de 182 milioane m³, iar volumul util de 166 milioane m³, corespunzător unei variaţii maxime de nivel în lac de 40 m.

După cum s-a mai arătat, ca bazin inferior este utilizat lacul UHE Eichicht, ultima treaptă amenajată pînă în prezent pe rîul Saale.

Barajul care creează acest lac este un baraj de beton de greutate, avînd înălţimea maximă 19,5 m şi lungimea de 215 m.

Suprafaţa lacului inferior este de 70,7 ha, iar lungimea lui de 4,3 km. Volumul total acumulat este de 5 milioane m³.

La piciorul barajului Hohenwarte există două clădiri de centrale. Într-una se găsesc grupurile de pompaj, iar în a doua grupul obişnuit, gravitaţional.

Clădirea centralei în care se găsesc grupurile de pompaj este o construcţie puţin înaltă, astfel că pentru montaj este utilizată o macara portal situată în exteriorul clădirii. În caz de revizie sau reparaţii, acoperişul poate fi înlăturat în dreptul agregatelor.

Admisia apei se face printr-o conductă de 4,5 m diametru.

Din cauza spaţiului restrîns, centrala este echipată cu două grupuri de pompaj cu ax vertical, avînd fiecare puterea de 20 MW.

Datele caracteristice ale maşinilor unui grup sînt următoarele :

Pompa (centrifugă, un singur etaj)

Înălţimea de pompare	(m)	40	63
Debitul	(m³/s)	35,0	17,6
Puterea necesară	(CP)	23 000	20 100
Turaţia de regim	(rot/min)	167	167

Turbina (de tip Francis)

Căderea	(m)	50	67,3
Debitul	(m³/s)	50,5	40,2
Puterea	(CP)	28 700	28 700

Maşina electrică

Puterea ca generator	20 000	kW
Puterea ca motor	18 600	kW
Turaţia	167	rot/min
Tensiunea	10,5	kV

Grupul este cuplat rigid.

Inițial, înainte de a fi distrusă de război, din cauza variațiilor mari ale căderii, erau utilizate și aci (ca și la UHEP Bleiloch) două turații: 135,5 și 167 rot/min. Fiecare grup dispunea deci de o turbină, o pompă și două rotoare de mașini electrice. Ambele turații erau utilizate atît la pompă cît și la turbină, funcție de căderea disponibilă.

La construcția acestei centrale, începută în 1957 și terminată în 1959, s-a renunțat la utilizarea a două turații, construindu-se mașina electrică numai pentru 167 rot/min.

Aceasta limitează funcționarea mașinilor numai la căderi mai mari de 40...45 m.

Agregatul clasic este format de o turbină Francis și un generator, dispuse orizontal.

Debitul maxim al turbinei la căderea medie este de 10,5 m^3/s.

Generatorul are puterea de 5,5 MW, 375 rot/min.

Producția anuală de energie electrică a grupurilor cu pompaj este de 50 GWh, iar a grupului de bază de 28 GWh.

8. Uzina hidroelectrică cu pompaj Hohenwarte II

UHEP Hohenwarte II, actualmente în construcție este o centrală de tipul cu pompaj pur. Apa pentru pompare și compensarea pierderilor este luată din rîul Saale.

Lacul amonte al acestei uzine este un bazin artificial pe versantul stîng al rîului Saale, pe un podiș împrejmuit de trei vîrfuri.

Întreaga amenajare Hohenwarte II este cunoscută și sub numele Amalienhöhe după denumirea unuia dintre vîrfurile între care este amenajat bazinul superior.

Închiderea bazinului superior se realizează prin construirea de baraje între cele trei vîrfuri. Astfel, se prevăd două baraje de beton de greutate pe două părți și un dig de pămînt pe a treia parte.

Lungimea totală a celor două baraje de beton este de 1400 m, înălțimea maximă de 29 m, iar volumul de beton 270 000 m^3 (fig. 14).

Digul de pămînt are înălțimea maximă 25 m și volumul de 600 000 m^3 (fig. 15).

Lacul de acumulare superior are suprafața de 25 ha și volumul util de 3 milioane m^3. Variațiile maxime ale nivelului lacului sînt de 14 m.

Un voal de etanșare adînc de 15...20 m în jurul lacului va împiedica pierderile de apă prin infiltrație.

Ca bazin aval va fi utilizat lacul Eichicht, care servește drept lac aval și UHEP Hohenwarte I.

Căderea brută maximă între cele două lacuri este aproximativ 310 m.

Apa este dusă din lacul superior spre centrală prin 8 conducte forțate de oțel dispuse paralel, aerian, fiecare alimentînd un grup de pompaj (fig. 16). Diametrul interior variază de la 2,6 la 1,9 m. Lungimea conductelor fiind relativ mică, de 750 m, nu a fost necesar să se prevadă castele de echilibru.

Clădirea centralei este amplasată în interiorul lacului inferior Eichicht, lîngă sistemul de conducte.

Clădirea are lungimea de 125,9 m, lățimea de 16 m, înălțimea de 49 m iar fundația la 28 m sub nivelul maxim al apelor lacului aval.

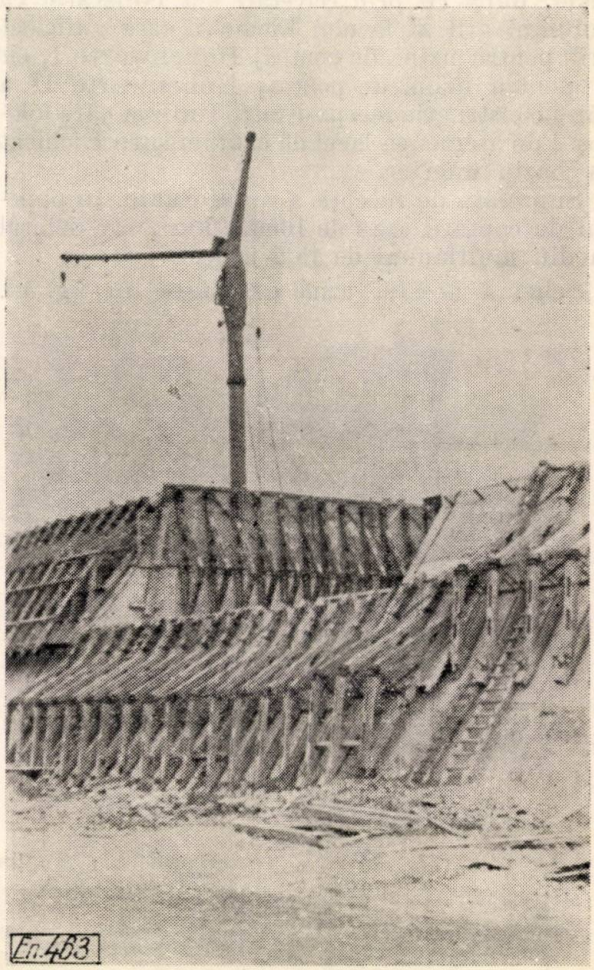


Fig. 14. Barajul de beton al bazinului superior (UHEP Hohenwarte II).

Puterea totală a centralei este de 320 MW, instalată în 8 grupuri identice, cu ax vertical.

Capacitatea energetică a lacului superior este de 2 milioane kWh, ceea ce corespunde la o durată maximă de utilizare a puterii instalate de 6,3 ore.

Caracteristicile principale ale agregatelor sînt:

Pompa (cu două etaje)			
Înălțimea de refulare	(m)	319	299,5
Debitul pompat	(m^3/s)	10,4	11,9
Puterea necesară	(MW)	37,2	40,0
Turația	(rot/min)	428	

Turbina (de tip Francis)

Căderea	(m)	302,0	280,5
Debitul	(m^3/s)	15,5	16,8
Puterea	(MW)	42	

Maşina electrică

Puterea ca generator	(cos $\varphi = 0,8$)	40 MV
Puterea ca motor		45 MW

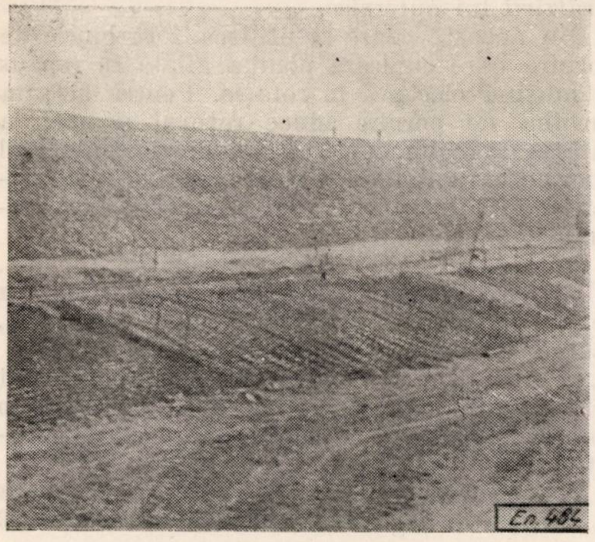


Fig. 15. Digul de pămînt al bazinului superior (UHEP Hohenwarte II).

Fig. 16. Conductele forţate în montaj (UHEP Hohenwarte II).

Cuplarea pompei se poate face sub sarcină cu ajutorul unei turbine de pornire. Turbina şi maşina electrică sînt cuplate rigid.

Caracteristicile turbinei de pornire sînt :

Puterea	2050 CP
Debitul	0,7 m^3/s
Căderea	302 m
Turaţia	428 rot/min

Ca organ de închidere, după pompă este montată o vană ochelar de 1,40 m diametru, iar înaintea turbinei o vană sferică de 1,60 m diametru.

Centrala este prevăzută să funcţioneze complet automatizat.

Montajul conductelor forţate se face cu ajutorul a 4 macarale funicular uşoare. Ele pot fi reunite pentru transportul pieselor mai grele.

În prezent, centrala este în execuţie, urmînd ca în 1963 să fie dată în exploatare parţial cu o putere de 160 MW (4 grupuri), iar în 1965 să intre în funcţiune cu toată puterea de 320 MW.

Producţia de energie a acestei centrale va fi de 240 GWh/an.

9. Concluzii

Din cele arătate mai sus se constată că în prezent în R.D.G. sînt în funcţiune 3 uzine hidroelectrice importante cu pompaj, însumînd o putere instalată totală de 209 MW.

În anul 1965, o dată cu intrarea completă în funcţiune a UHEP Hohenwarte II, puterea lor se va ridica la 530 MW. Pentru anul 1975 se prevede ca puterea uzinelor cu pompaj să reprezinte 1800 MW.

Dezvoltarea uzinelor cu pompaj în R.D.G. se datoreşte faptului că această ţară nu dispune de resurse energetice, hidraulice sau termice, pe baza cărora să se poată construi centrale cu specific de vîrf. Consumul deosebit de important de energie electrică necesită uzine de vîrf care să poată prelua variaţiile de sarcină. În prezent se simte lipsa unor astfel de uzine, aşa că pentru viitor se prevede un program important de construire de uzine hidroelectrice cu pompaj.

— Din descrierea uzinelor hidroelectrice cu pompaj în funcţiune şi în construcţie, se constată că 2 din ele sînt de tipul cu pompaj mixt iar 2 cu pompaj pur. Uzinele cu pompaj mixt sînt create pe lîngă uzine baraj cu lacuri de acumulare superioare importante. La UHEP Bleiloch, pentru a se obţine o funcţionare cu randamente mai bune la gama variată de căderi a acestei uzine, s-a adoptat o soluţie constructivă aparte, maşinile avînd 5 motoare pe acelaşi ax.

La UHEP Hohenwarte I, s-a adoptat iniţial soluţia cu patru rotoare pe acelaşi ax. La reconstrucţia acestei uzine s-a renunţat la soluţia iniţială, adoptîndu-se tipul clasic cu 3 rotoare (pompă-turbină-maşină electrică). La funcţionarea acestei uzine, puterea şi randamentul variază cu nivelul în lacul de acumulare superior, ea neputînd funcţiona în zona căderilor mici (sub 40...45 m).

Aceste dificultăţi au făcut ca pentru viitor în R.D.G. să se prevadă construirea aproape exclusivă de uzini cu pompaj pur. Experienţa UHEP Niederwartha, care realizează un ran-

dament relativ scăzut de 0,52...0,53 din cauza aducțiunii lungi și căderii mici care se obține, a făcut ca pentru noile amenajări să se caute micșorarea lungimii aducțiunilor și mărirea căderii.

— În proiectarea conductelor forțate, trebuie să se țină seama de condițiile de exploatare ale uzinelor cu pompaj. Schimbarea regimului de funcționare (regim de turbină, regim de pompă) face să apară sarcini dinamice importante, care pot duce la avarierea lor.

Aceste sarcini apar în special în caz de trecere rapidă de la funcționarea pompelor la funcționarea turbinelor, adică la funcționarea ca rezervă de avarie.

— După cum se constată în R.D.G., s-au realizat uzine cu pompaj atît cu grupuri cu ax orizontal, cît și cu grupuri cu ax vertical.

Grupurile cu ax orizontal se utilizează în cazul bazinelor de acumulare inferioare care prezintă variații de nivel mici. Ele prezintă ca avantaje posibilități de control, montaj și demontaj ușor și rapid, precum și posibilități de acces la toate piesele.

Grupurile cu ax vertical se adoptă la variații mari de nivel ale lacului aval, cînd datorită pericolului cavitației, mașinile hidraulice trebuie așezate la o adîncime mai mare. Dispoziția verticală a grupului prezintă avantajul unei suprafețe minime de fundație și amplasarea pompei la o adîncime suficientă ca să fie mai puțin sensibilă la fenomenele de cavitație.

Lungimea mare a axului mașinilor orizontale de mare putere face ca excitatricea să nu se monteze pe acest ax pentru a nu-l lungi și mai mult. Excitatricea se montează în general separat, fiind acționată de către turbine hidraulice alimentate de la conducta forțată.

Datorită tuturor acestor cauze, problema alegerii dispoziției orizontale sau verticale a grupurilor trebuie rezolvată pentru fiecare caz în parte.

— Din motive constructive și de montaj, axele grupurilor cu pompaj se compun din 3 tronsoane.

Cuplarea celor trei mașini (pompă, turbină, mașină electrică) se face fie rigid (UHEP Bleiloch, Hohenwarte I), fie cu o turbină de pornire la pompă (Niederwartha, Hohenwarte II).

Datorită necesității de a putea intra rapid în funcționarea de generator, legătura între mașina electrică și turbină se face cu ajutorul unei cuple rigide. În regim de funcționare de pompaj, rotorul turbinei se învîrte în gol învingînd numai rezistența aerului, pentru ca în caz de intrare în funcțiune ca generator, să se economisească timpul necesar accelerării rotorului.

La pompă nu se cere punerea în funcțiune rapidă. De aceea dispare necesitatea ca în cazul funcționării turbinei să se rotească în gol și rotorul pompei, înrăutățindu-se prin aceasta randamentul.

În plus interstițiul rotorului pompei fiind mai mic ca la turbină, apare pericolul de blocare a rotorului (sudarea rotorului) datorită încălzirii lui puternice.

Din această cauză se utilizează turbinele de pornire care cuplează pompa aflată în repaus la mașina electrică în rotație. Pentru aceasta turbina de pornire aduce rotorul pompei la turația de regim, cuplarea făcîndu-se cu ajutorul unei coroane dințate. Cuplarea are loc cînd variația de turație între axul pompei și axul mașinii electrice este de $\pm 1\%$.

În cazul funcționării în regim de turbină, pompa este decuplată, stînd în repaus. Cuplarea se face în cazul funcționării în regim de pompaj, la mașina electrică în funcțiune.

Această soluție de cuplare a pompei a luat o răspîndire mare datorită faptului că este o soluție ieftină, de construcție simplă și de gabarite mici.

Pentru aducerea pompei din stare de repaus la turația de regim sînt necesare circa 18...20 sec.

— Condițiile de funcționare a uzinelor cu pompaj impun schimbarea cît mai rapidă a regimului lor de funcționare.

În prezent valorile atinse la uzinele moderne de pompaj sînt:

a) Trecerea grupului din repaus la funcționarea în regim de turbină 120...180 s

b) Trecerea de la funcționarea în regim de turbină la regimul de pompă 80 s

c) Trecerea de la funcționarea în regim de pompă la regimul de turbină 60...70 s

Din cele arătate mai sus, rezultă că uzinele cu pompaj vor juca în viitor un rol important în alimentarea cu energie a sistemelor energetice dezvoltate, care nu au alte posibilități de realizare de surse energetice de mare putere cu caracter de vîrf.

Bibliografie

[1] Gerstenberger G.: *Einiges über die Pumpenspeicherung und ihren Einsath in der Deutschen Demokratischen Republik*, Wassertechnik — Wasserwirtschaft, Nr. 12, 1958.

[2] Unger L.: *Entwicklung der Energiewirschaft der Deutschen Demokratischen Republik im ersten Jahr der Siebenjahrplans*, Energietechnik, Nr. 8, 1960.

[3] Almers H., Roeder O.: *Perspektiven der Energieversorgung der DDR*, Mitt. Inst. Energ., 1960, nr. 23.

[4] Dr. H. Witte: *Handbuch der Energiewirtschaft*, vol. II. 1959.

O nouă schemă pentru centralele şi staţiile de transformare la tensiunea de 6–10 kV

Ing. *NITU VASILE*
Candidat în ştiinţe tehnice

Preocuparea generală de reducere a investiţiilor reclamă o permanentă revizuire a soluţiilor actuale în scopul simplificării şi îmbunătăţirii lor. În domeniul staţiilor electrice aceasta se poate realiza prin modificări aduse în special schemelor de conexiuni. Aceste modificări pot fi făcute numai pe baza unei analize obiective, care să permită stabilirea unei succesiuni logice a aparatajului din schemă.

Pentru centralele de mare putere, cu staţii de distribuţie la tensiunea generatorilor se aplică aşa-numita schemă tip.

Schema clasică sau tip pentru centrale cu generatoare de 12, 25 şi 50 MW este reprezentată în fig. 1. Schema este prevăzută cu dublu sistem de bare colectoare, secţionată după numărul generatoarelor, iar plecările sînt conectate la bare printr-un întrerupător şi 2 separatoare. Această schemă se aplică şi la unele staţii de transformare cu puteri mari de scurtcircuit la tensiunea de 6—10 kV.

Secţiile sînt unite prin cuple longitudinale avînd bobine de reactanţă legate în serie cu întreruptori ce au curenţi şi puteri de rupere mari. Pentru 3 secţii schema se realizează sub forma liniară, iar pentru 4 secţii după schema inelară.

Din cauza puterilor mari de scurtcircuit această schemă reclamă un aparataj greu care să satisfacă atît în regimul normal de lucru cît şi să reziste la eforturile dinamice şi termice în regim de scurtcircuit.

În scopul reducerii puterilor de scurtcircuit la consumator, în circuitul plecărilor se montează bobine de reactanţă.

Bobinele de reactanţă au apărut în schemele electrice odată cu primele centrale mai puternice şi interconectarea lor în sisteme unice.

În URSS primele bobine de reactanţă au fost fabricate de uzina MTZ în anul 1925, care, pentru fixarea bobinelor şi învingerea eforturilor dinamice folosea lemnul. Din 1930 s-a trecut la bobine cu sectoare din beton, a căror siguranţă în exploatare a variat în funcţie de modul de prelucrare a betonului şi de felul de izolare a spirelor.

După datele culese din literatura şi materialul documentar sovietic în jurul anilor 1930 s-a trecut la o largă utilizare a bobinelor de reactanţă în staţiile de 6—10 kV atît la cuple cît şi la plecări. Numărul mare de bobine cît şi procesul de fabricaţie încă necorespunzător au dat naştere la multiple avarii direct la barele colectoare, ceea ce a condus la numeroase discuţii asupra locului în schemă a bobinelor de reactanţă, cît şi a criteriilor de alegere a aparatajului.

În perioada care a urmat după 1930 siguranţa în exploatare a bobinelor a crescut după datele statistice sovietice de cca. 100 ori. Dacă în anul 1934 se aprecia ca o dorinţă izolarea conductorilor, prelucrarea termică a betonului, astăzi acest lucru se face în mod curent.

I. Problema pe care o ridică articolul de faţă se referă la succesiunea aparatajului la plecări şi în special asupra locului bobinelor de reactanţă.

În perioada iniţială, folosirea bobinelor în circuitul plecărilor era reclamată de necesitatea alegerii unui aparataj uşor la consumatori şi a unor cabluri de secţiuni mici. Întreruptorii, separatorii etc. se alegeau după puterea de scurtcircuit de pe barele colectoare ,ceea ce conducea la folosirea pentru plecări a unor întreruptori de puteri mari, soluţie greoaie şi costisitoare.

Ulterior cînd gradul de siguranţă al bobinelor a crescut, a început să se ia în considerare acest lucru şi la alegerea aparatajului situat între barele colectoare şi bobine şi în special întrerupătorii. Astfel din 1948 Institutul de proiectări

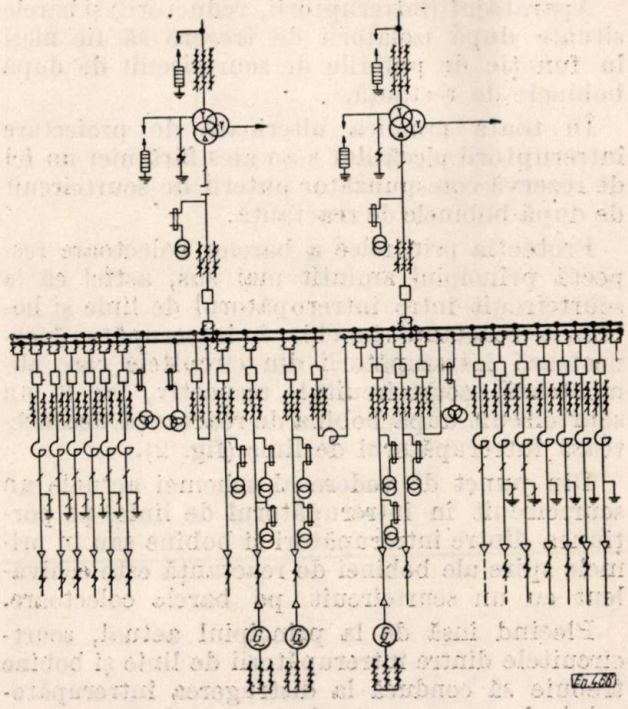


Fig. 1.

a centralelor termoelectrice din URSS (TEP), a elaborat noi tipuri de staţii în care întreruptorii plecărilor sînt aleşi după puterea de scurtcircuit intermediară (mai mică decît cea

de pe barele colectoare și mai mare decît puterea de scurtcircuit de după bobinele de reactanță), ceea ce a permis alegerea întreruptorilor cu o putere de rupere de 200–500 MVA (MGG-10 sau VMG-133).

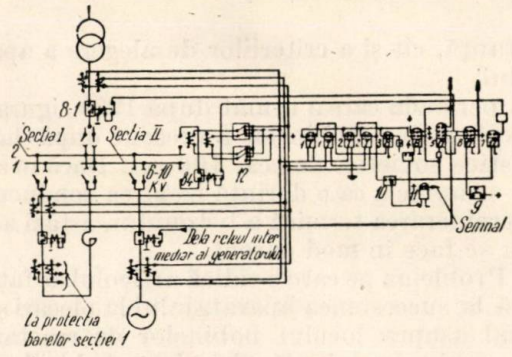


Fig. 2 :

1,2 – releu de curent; 3 – releu de timp; 4,5 – releu intermediar; 6 – releu cu întîrzieri la reveniri; 7 – releu intermediar; 8 – 11 – releu de semnalizare (clapetă); 9 – cheie de comandă; 10 – 12 – comutator.

În 1951 Ministerul Centralelor Electrice din U.R.S.S., pe baza analizei statisticei avariilor sistemelor electrice, luînd în considerare deplina siguranță a bobinelor de reactanță, hotărăște ca la plecările cu bobine de reactanță, barele de derivație, pe porțiunea de la barele colectoare și pînă la izolatorii de trecere, să se aleagă după puterile de scurtcircuit de pe bare.

Aparatajul (întreruptorii, reductorii) și barele situate după izolatorii de trecere să fie aleși în funcție de puterile de scurtcircuit de după bobinele de rectanță.

În toată practica ulterioară de proiectare întreruptorii plecărilor s-au ales fără nici un fel de rezervă corespunzător puterii de scurtcircuit de după bobinele de reactanță.

Protecția prin relee a barelor colectoare respectă principiul amintit mai sus, astfel că la scurtcircuit între întrerupătorul de linie și bobina de reactanță sau chiar în întrerupător deconectează întrerupătorii din circuitele care alimentează scurtcircuitul respectiv, iar la un scurtcircuit după bobina de reactanță deconectează întrerupătorul de linie (fig. 2).

Din punct de vedere al schemei actuale un scurtcircuit în întrerupătorul de linie, pe porțiunea dintre întrerupători și bobine sau în primele spire ale bobinei de reactanță este echivalent cu un scurtcircuit pe barele colectoare.

Plecînd însă de la principiul actual, scurtcircuitele dintre întrerupătorii de linie și bobine trebuie să conducă la distrugerea întrerupătorului, deoarece acesta deși nu va întrerupe puterea respectivă (schema de protecție fiind astfel întocmită), nu va rezista, teoretic, la eforturile dinamice.

Din cele expuse se desprinde că bobina de reactanță este rigid legată cu barele colectoare pentru situațiile de avarii dintre bobine și bare, întreruptorul neputînd fi folosit decît la manevre normale, sau la avarii de după bobină.

Cercetînd statistica avariilor din U.R.S.S. pe o perioadă de 10 ani a rezultat pentru bobinele de reactanță următoarea repartiție a avariilor :

1) 28% între întreruptor și bobină
2) 9% în primele spire ale bobinei
3) 63% în bobina propriu-zisă.

Din datele prezentate rezultă că pentru 37% din avariile dinaintea bobinei de reactanță, întreruptorul de linie nu este în stare să întrerupă puterea de scurtcircuit, ceea ce în mod normal conduce la avarierea atît a întreruptolui cît și a aparatajului (reductorii de intensitate) aleși corespunzător scurtcircuitului de după bobina de reactanță.

Pentru a evidenția raportul în care se găsesc probabilitățile de avariere a diferitelor elemente ale schemei, în tabela 1 vom prezenta aceste date.

Tabela 1

Nr. crt.	Denumirea aparatajului	Coef. relativ de avariere	Probabilitatea anuală de avariere
1	Izolator de susținere	1	0,00001
2	Izolator de trecere	2	0,00002
3	Transformator de curent cu bară	2,5	0,000025
4	Reductor de curent cu înfășurări	4,5	0,000045
5	Separator trifazic de bare și de linie (la simplu sistem de bare)	20	0,0002
6	Separator de bare trifazic (sistem dublu de bare)	60	0,0006
7	Bobine de reactanță (grup trifazic)	35	0,00035
8	Întrerupător	250	0,0025

În fig. 3 este indicată schema clasică de conectare a bobinelor de reactanță în circuitul unei plecări, iar în fig. 4 schema în care bobina de reactanță este amplasată între bare și întreruptor.

În vederea evidențierii gradului de siguranță a fiecărei din aceste scheme vom stabili probabilitatea avariilor care conduc la deconectarea alimentării secției respective, ca urmare a acționării protecției diferențiale incomplete.

Pentru schema din fig. 3 probabilitatea totală de întrerupere va fi :

$$A_\varepsilon = N_1 A_{sep} + N_2 A_{intr} + N_3 A_{izT} + N_4 A_{izS} + N_5 A_{T.C.} + N_6 A_{bobine} = 0{,}00484$$

unde $N_1 = 2$; $N_2 = 1$; $N_3 = 12$; $N_4 = 45$; $N_5 = 4$; $N_6 = 1$.

Pentru schema din fig. 4, dacă avem în vedere că transformatorii de curent sînt montați după întreruptorul de linie, iar pentru întreruptorul de linie (celule prefabricate) luăm în considerare

numai jumătate din avarii A_ε va fi egal cu 0,0018, ceea ce reprezintă o creştere a siguranţei de 1,38 ori.

Analizînd critic cele două scheme se poate ajunge la următoarele constatări:

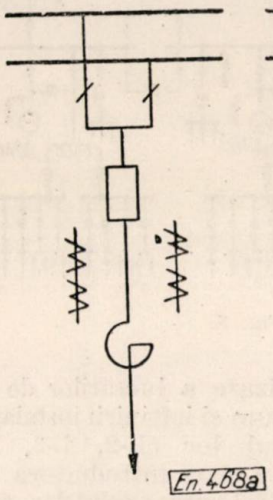


Fig. 3.

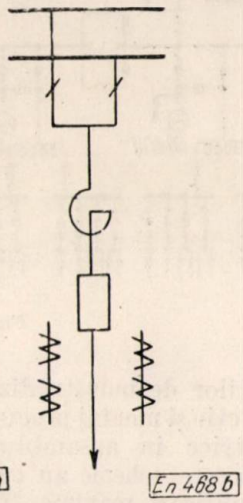


Fig. 4.

1. Schema din fig. 4, în afara superiorităţii cifrice în ceea ce priveşte gradul de siguranţă,

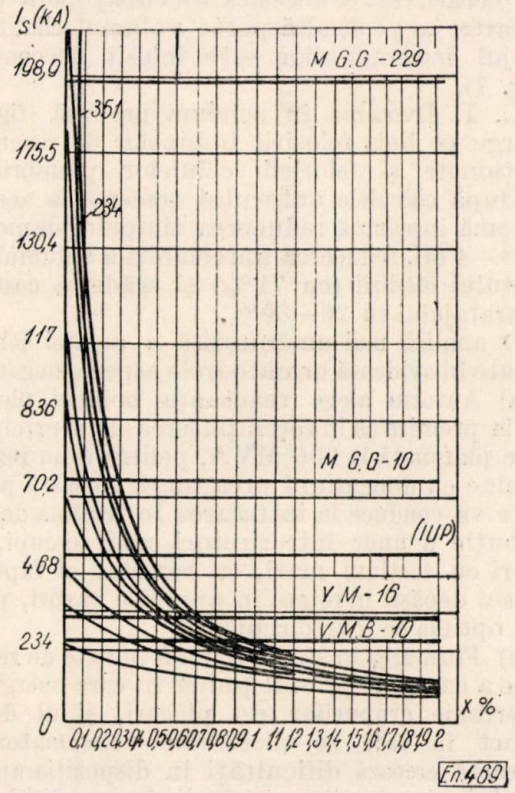


Fig. 5. Relaţia între curentul de şoc de după bobinele de reactanţă şi reactanţa procentuală a bobinelor.

prezintă avantajul că numai pentru o probabilitate de avariere de 0,0018 (faţă de 0,00484) vor fi avarii care vor atrage după sine scăderea tensiunii pe barele colectoare la zero.

Prin schema din fig. 4 aparatul cu probabilitatea cea mai mare de avariere — întrerupătorul — este îndepărtat de la barele colectoare. În schimb la bare se conectează bobina de reactanţă, care are un grad mare de siguranţă, separînd în acelaşi timp barele colectoare de elementele mai avariabile ca întrerupătorii, reductorii de curent etc.

2. Prin schema din fig. 4 se elimină situaţia anormală din schema clasică prin care întrerupătorii, reductorii de curent se aleg după puterea de scurtcircuit de după bobină, menţinîndu-se în schimb pericolul avarierii acestor elemente.

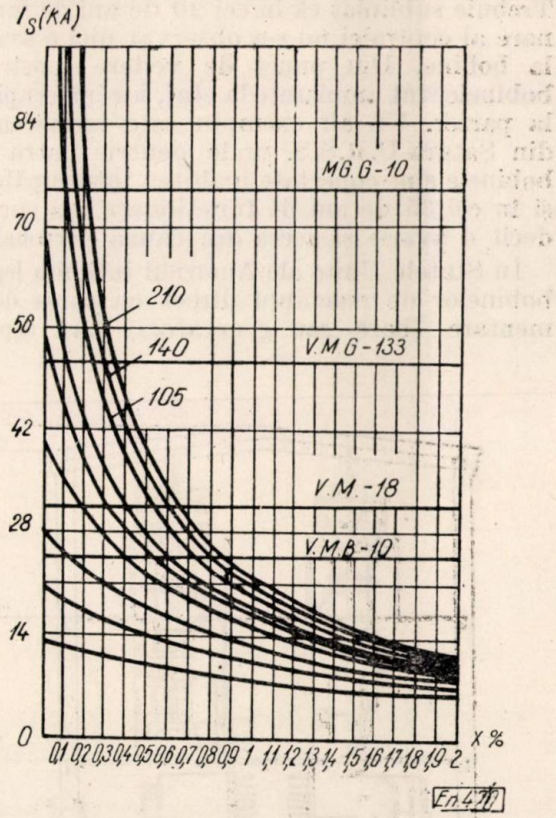


Fig. 6. Relaţia între curentul de şoc de după bobinele de reactanţă şi reactanţa procentuală a bobinelor.

Schema propusă dă posibilitatea să se aleagă întrerupători uşori aşa cum rezultă din fig. 5 şi 6, corespunzător atît regimului nominal cît şi situaţiei de avarii. Întreruptorii pot fi montaţi în celule prefabricate de tip CI-10, ceea ce răspunde cerinţei introducerii pe scară largă a industrializării în staţiile electrice. De asemeni schema propusă dă mai mult decît schema clasică, posibilitatea ca separatorii de bare să fie aleşi după puterea de scurtcircuit de după bobinele de reactanţă.

3. Ca element negativ al schemei propuse (fig. 4) poate fi semnalată situaţia în care se produc anumite defecte în bobină şi care provoacă întreruperea întregii secţii pentru a se

putea deconecta separatorii. În schema clasică (fig. 3) această probabilitate este mult mai mare, ca urmare a coeficientului probabilității de avariere ridicat a întreruptorului.

O analiză obiectivă a schemelor analizate arată necesitatea luării în considerare a noului raport care s-a stabilit între probabilitatea de avariere a diferitelor elemente ale schemei. Această analiză arată că succesiunea cea mai logică a aparatelor este cea din fig. 4.

În practica dezvoltării stațiilor electrice aferente termocentralelor în special, întîlnim unele scheme în care bobinele sînt montate între bare și întrerupători. Ca exemplu indicăm schema unei centrale electrice de termoficare din U.R.S.S. Trebuie subliniat că în cei 20 de ani de funcționare ai centralei nu s-a observat nici o avariere la bobine. Din punct de vedere constructiv bobinele sînt amplasate la etaj, iar întrerupătorii la parter. Un alt exemplu este termocentrala din Șatura-U.R.S.S. unde pentru patru linii, bobinele sînt conectate înaintea întrerupătorilor și în cei 35 de ani de funcționare n-a survenit decît o avarie și aceea din cauza personalului.

În Statele Unite ale Americii întîlnim legarea bobinelor de reactanță direct cu sursa de alimentare (bare sau generatori) fără separare

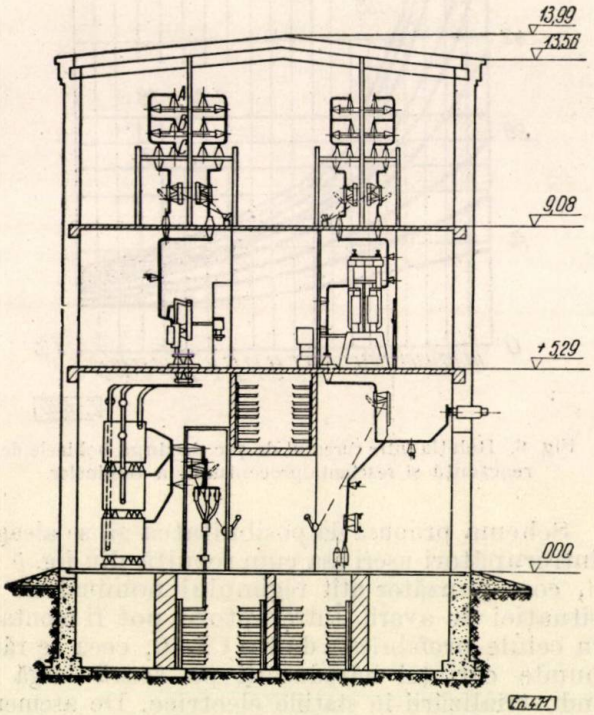


Fig. 7.

prin întreruptori, ceea ce arată că în cazurile respective s-a luat în considerare gradul de siguranță mărit al bobinelor.

În cele ce urmează vom arăta avantajele economice pe care le prezintă noua succesiune a aparatajului din plecări, precum și posibilitățile constructive pe care le deschid.

II. În literatura tehnică de specialitate au apărut tot mai multe lucrări consacrate posibilităților de industrializare a lucrărilor de construcție și montaj precum și ieftinirii instalațiilor electrice în ansamblul lor (L-2, L-3, L-4).

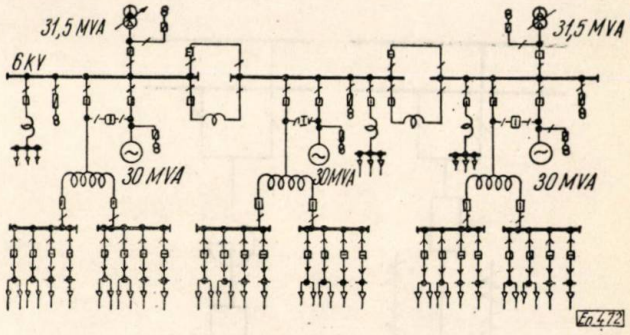


Fig. 8.

Aceste scheme au ca scop introducerea unei simplificări maxime, folosirea celulelor prefabricate, înlocuirea bobinelor de reactanță obișnuite cu bobine de reactanță secționate etc.

O cauză a investițiilor ridicate la schemele clasice o constituie și numărul mare de bobine pe plecări, ceea ce necesită un cubaj sporit pe de o parte, iar pe de altă parte volumul clădit din etajul întreruptorilor este folosit neeconomic (fig. 7).

L. I. Dvoschin în schema propusă (fig. 8) merge pe linia folosirii bobinelor de reactanță secționate și folosirii celulelor prefabricate.

După calculele autorului trecerea la această schemă înseamnă reducerea timpului de montaj de 3—4 ori, reducerea apreciabilă a volumului și costului clădirii (cu 71%) și scăderea costului aparatajului cu 20—30%.

O analiză mai amănunțită a acestei scheme scoate în evidență următoarele aspecte negative:

a) Autorul alege reactanța bobinei plecînd de la premiza că în rețea puterea de scurtcircuit este plafonată la 200 MVA, pentru a nu rezulta bobine cu dimensiuni prea mari. Această plafonare va conduce la instalarea în rețeaua de distribuție a unor întreruptori mai scumpi, cabluri cu secțiuni mari, ca rezultat al faptului că s-a depășit în rețea, în anumite cazuri, puterea optimă de scurtcircuit.

b) Formarea în stație a două puncte de repartiție a energiei: primul punct în care energia se distribuie grupurilor de plecări, și al doilea punct în care se distribuie consumatorilor. Aceasta creează dificultăți în dispoziția aparatajului și anumite confuzii în condițiile de exploatare.

c) În rețelele în care lipsește rezerva alimentării unor consumatori, autorul propune dublarea întreruptorilor ceea ce ridică valoarea investițiilor.

Aspectele negative menționate au făcut ca această schemă cu bobine secționate să nu fie aplicată la centralele de mare putere (cu grupuri de 25 și 50 MW). Aplicarea bobinelor de reactanță secționate în circuitul generatorilor care

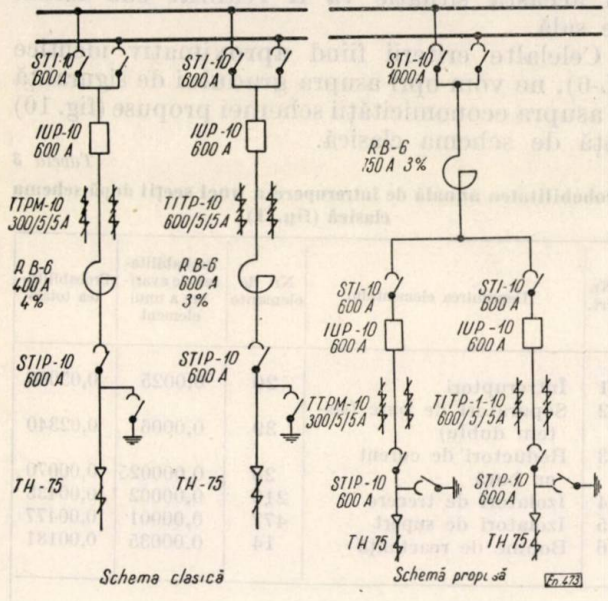


Fig. 9.

nu depășesc ca putere 12 MW, s-a dovedit însă economică (L-5).

Noua succesiune a aparatajului de pe plecări permite introducerea pe scară largă a industrializării, constînd din celule prefabricate, eliminîndu-se totodată neajunsurile din schema propusă de L. I. Dvoschin.

a numărului de plecări pe o bobină de reactanță. Plecînd de la lățimea celulei unei bobine de reactanță de 2 200 mm, pentru a realiza o corespondență între etajul bobinelor de reactanță și cel al întrerupătoarelor de pe plecări, rezultă o concentrare de 2 celule de întreruptor pentru o bobină. Prin această concentrare numărul de bobine de reactanță de pe plecări se reduce la jumătate, iar volumul clădirii scade față de schema clasică, în funcție de numărul de plecări.

Comparația economică, raportată numai la două plecări, atît în schema clasică cît și în schema propusă, este indicată în tabela 2. Din comparația economică făcută, rezultă că noua succesiune și grupare a aparatajului de pe plecări conduce la o economie de cca. 30% față de succesiunea și gruparea clasică, neluîndu-se în considerare și economiile care provin din reducerea volumului construit.

Aplicînd concluziile stabilite mai sus pentru cazul concret al unei centrale electrice de termoficare, cu o stație puternică de 6 kV racordată la sistem rezultă schema din fig. 10. Această schemă s-a prevăzut cu dublu sistem de bare colectoare, barele de lucru fiind secționate printr-o cuplă longitudinală. Pentru plecări s-a adoptat succesiunea : bare colectoare-bobina de reactanță-2 întreruptori. Constructiv această schemă s-a realizat ca în fig. 11. Stația este dispusă pe 3 nivele. La nivelul superior sînt așezate barele colectoare și separatoarele de bară. La nivelul mijlociu se află întrerupătoarele cu putere mare de rupere pentru elementele fără bobine de reactanță și bobinele de reactanță pentru plecări. La nivelul inferior, în celulele de plecări, se află un sistem simplu de bare

Tabela 2

Comparație economică între schema clasică și schema propusă

Nr. crt.	Denumirea	Preț unitar lei	Schema clasică		Schema propusă	
			Cant. buc.	Preț total lei	Cant. buc.	Preț total lei
1	Întreruptor IUP-10/600 A	16 000	2	32 000	2	32 000
2	Separator STI-10/1000 A	2 400	—	—	2	4 800
3	Separator STI-10/600 A	900	4	3 600	2	1 800
4	Separator STIP-10/600 A	1 000	2	2 000	2	2 000
5	Transf. de curent TITP-1-10-600/5/5 A	1 300	2	2 600	2	2 600
6	Transf. de curent TTPM-10-300/5/5 A	1 300	2	2 600	2	2 600
7	Bobină de reactanță RB-6-750 A, 3%	70 000	—	—	1	70 000
8	Bobină de reactanță RB-6-600 A, 3%	62 000	1	62 000	—	—
9	Bobină de reactanță RB-6-400 A, 4%	56 000	1	56 000	—	—
10	Izolator de trecere int-int TC-10/1000 A	400	24	9 600	12	4 800
11	Izolator suport	110	70	7 700	35	3 850
12	Bare	—	ans	3 000	ans	2 000
13	Diverse	—	—	5 000	—	3 000
	Total :			186 100		129 450

Schema propusă pe baza noii succesiuni a aparatajului este arătată în fig. 9.

În scopul folosirii în modul cel mai judicios a volumului clădit, apare necesară o concentrare pentru două plecări, la care se racordează în serie un separator, un întrerupător, transformatoarele de curent și separatorul de linie cu cuțitele de legare la pămînt.

Celulele celor două plecări se înscriu în gabaritul celulei impus de bobina de reactanță (fig. 11). În fața celulei de plecare se montează

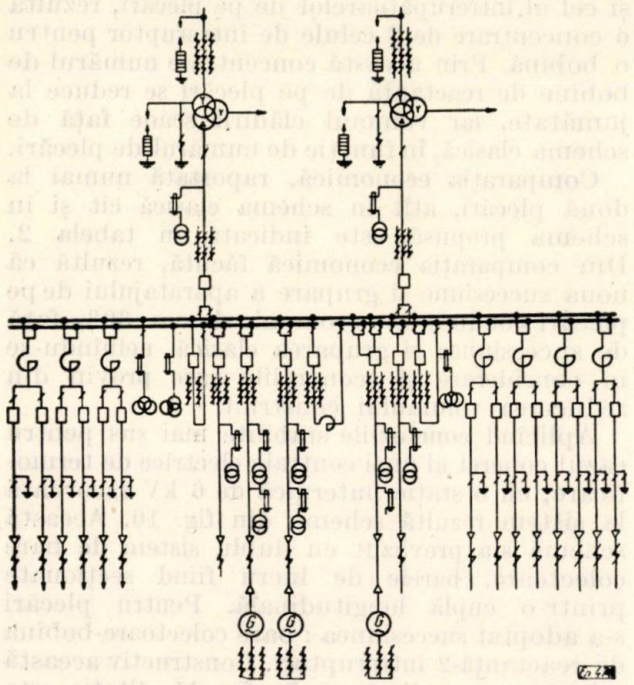


Fig. 10.

cîte un dulap cu uși care conține întreg aparatajul de comandă, măsură, semnalizare, blocaj și protecție a tuturor elementelor. Toate separa-

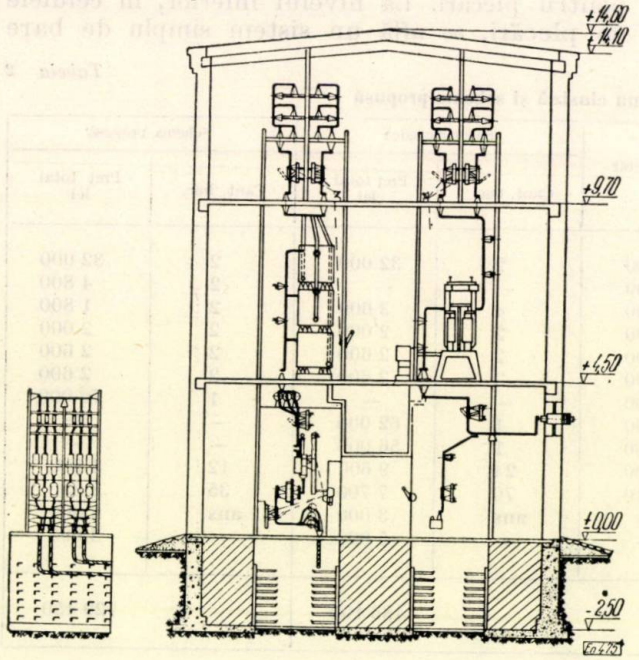


Fig. 11.

toarele se prevăd a fi comandate cu aer comprimat de la nivelul inferior, chiar și cele de la bare, astfel că acesta este nivelul de comandă a celulelor, în timp ce restul nivelelor servesc la montaj și supraveghere. Atunci cînd celulele capsulate vor deveni mai ieftine sau egale ca preț cu celulele zidite, stația din fig. 11 va putea fi realizată cu celule capsulate, iar nivelul inferior în această situație va fi realizat sub formă de sală.

Celelalte criterii fiind aproximativ identice (L-6), ne vom opri asupra gradului de siguranță și asupra economicității schemei propuse (fig. 10) față de schema clasică.

Tabela 3

Probabilitatea anuală de întrerupere a unei secții după schema clasică (fig. 1)

Nr. crt.	Denumirea elementului	Nr. de elemente	Probabilitatea de avariere a unui element	Probabilitatea totală
1	Întreruptori	20	0,0025	0,05000
2	Separatori de bare (sistem dublu)	39	0,0006	0,02340
3	Reductori de curent cu bară	28	0,000025	0,00070
4	Izolatori de trecere	219	0,00002	0,00438
5	Izolatori de suport	477	0,00001	0,00477
6	Bobine de reactanță	14	0.00035	0,00181
	Probabilitatea anuală de întrerupere a unei secții			0,08506

În tabela 3 s-a indicat probabilitatea anuală de întrerupere a unei secții după schema clasică arătată în fig. 1, iar în tabela 4 s-a indicat probabilitatea anuală de întrerupere a unei secții pentru schema propusă (fig. 11).

Comparînd datele din tabelele 3 și 4 rezultă că siguranța schemei propuse este mai mare decît aceea a schemei clasice.

Tabela 4

Probabilitatea anuală de întrerupere a unei secții după schema propusă (fig. 10)

Nr. crt.	Denumirea elementului	Nr. de elemente	Probabilitatea de avariere a unui element	Probabilitatea totală
1	Întrerupători	20	0,0025	0,05000
2	Bobine de reactanță	7	0,00035	0,00245
3	Separator de bare (sistem dublu)	25	0,0006	0,01500
4	Separator de linie sau de bare (sistem simplu)	14	0,0002	0,00280
5	Reductori de curent cu bară	—	—	—
6	Izolatori de trecere	159	0,00002	0,00318
7	Izolatori de suport	422	0,00001	0,00422
	Probabilitatea anuală de avariere a unei secții			0,07765

Superioritatea economică a schemei propuse rezultă din devizul întocmit pentru cele 2 variante de schemă. Din această comparație

a rezultat pentru schema clasică o valoare totală de 3 859 540 lei, iar pentru schema propusă 2 875 000 lei, deci o economie de 984 540 lei la aparataj, neincluzînd manopera. Din punct de vedere constructiv din tabela nr. 5 rezultă că volumul construit scade de la 11 300 m³ în schema clasică la 8 075 m³ în schema propusă, ceea ce reprezintă o economie numai la partea de construcție de 645 000 lei.

S-ar părea că economia pe partea de construcții ar fi redusă din cauza planșeului de la cota + 4,50 m care trebuie dimensionat pentru greutatea bobinelor. De fapt însă sarcinile datorate întreruptoarelor mari și a eforturilor dinamice ale acestora sînt echivalente cu greutatea bobinelor. Prin aplicarea schemei propuse în cazul concret al unei centrale electrice de termoficare cu o puternică stație de 6 kV s-a obținut o economie la echipament și la partea de construcție de 1 630 000 lei, ceea ce scoate în evidență importanța utilizării unei metode pe baza ultimelor date furnizate de exploatarea sistemelor electrice. Din punct de vedere constructiv schema propusă oferă posibilități atît în gruparea chiar pînă la 3 plecări pe o bobină, cît și prin prevederea de celule prefabricate, întreaga stație poate fi dispusă atît pe 2 nivele cît și pe 3 nivele.

Tabela 5

Comparație între volumul și costul părților de construcție în cele două variante

Nr. crt.	Denumirea schemei	Dimensiuni			Vol. m³	Costul stației*	
		lung. ml	lăț. ml	înălțime ml		Unitar lei/m³	Total lei
1	Schemă clasică	61,50	11	16,50	11 300	200	2 260 000
2	Schema propusă	47,5	10,25	16,60	8 075	200	1 615 000

* Datele sînt orientative

Concluzii

1. Analiza succesiunii clasice a aparatajului din plecări scoate în evidență unele contradicții în ordinea aparatelor, rezultînd ca cea mai logică succesiunea: bare-bobină de reactanță-întreruptor, care permite alegerea pe plecări a unor întreruptori ușori. Această schemă are indici economici și de siguranță în exploatare superiori schemei clasice.

2. Ca urmare a noii succesiuni s-a propus o nouă schemă pentru centrale și stații (bare-bobine — 2 întreruptori) care are un grad de siguranță mai ridicat și este mai economică cu 20—25% decît schema clasică.

3. Noile modificări creează posibilități reale de introducere a industrializării în stațiile electrice, atunci cînd producția de celule prefabricate va lua o dezvoltare mai mare, iar costul lor se va apropia de cel al celulelor obișnuite.

Bibliografie

[1] Nitu V. I.: Autoreferat, Moscova 1954.

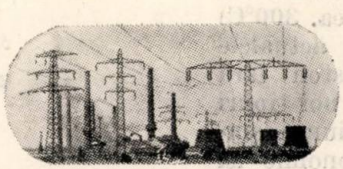
[2] Dvoschin L. I.: *O nouă schemă de conexiuni pentru centralele de mare putere*, Electricestvo Nr. 11, 1953.

[3] Dvoschin L. I.: *Metodă obiectivă în aprecierea schemelor electrice de conexiuni a centralelor și stațiilor*, Electricestvo Nr. 8, 1956.

[4] Kaialov G. M.: *Stații de 6—10 kV, cu dublu sistem de bare colectoare și cu bobine în plecări*, Electriceskie Stanții, 1954, Nr. 10.

[5] Nitu V. I.: *Criteriile tehnico-economice în alegerea schemelor electrice*, Energetica Nr. 12, 1957.

[6] Nitu V. I.: *Exprimarea matematică a siguranței în exploatare a schemelor electrice*, Studii și cercetări de Energetică, Tomul VI, Nr. 3, 1956.



Tehnica nouă privind utilizarea energiei pneumatice în industria metalurgică*

(Îmbunătățirea bilanțurilor energetic și economic)

Dr. ing. *ISAIA NICULESCU*

I. Introducere

Utilizarea *energiei pneumatice* ocupă un loc de frunte în multe ramuri industriale și în stadiul actual al științei nici nu se poate concepe activitatea tehnică a acestora fără aer comprimat, pentru că el reprezintă un fluid motor cu proprietăți deosebit de apreciate în desfășurarea proceselor tehnologice și, în plus, este lipsit de nocivitate.

Printre marii consumatori de aer comprimat se află și industria metalurgică prelucrătoare, care apelează din zi în zi mai mult la utilaje pneumatice. În marea lor majoritate și în unele cazuri în mod exclusiv, aceste utilaje pneumatice sînt reprezentate prin *mașini cu piston fără expansiune.*

Folosită după vechile metode (mașini fără expansiune și aer comprimat rece), energia pneumatică se prezintă ca o formă costisitoare de energie și, în consecință, dacă se rămîne mai departe la stadiul înapoiat al tehnicii, anumite operații tehnologice trebuie socotite că nu utilizează în mod rațional și economic aerul comprimat.

Mașinile pneumatice utilizate în industria metalurgică se pot împărți în două grupe mari: utilaje mici portative și utilaje mari stabile. Consumul ultimei grupe este substanțial mai mare decît al primei grupe și de aceea preocuparea noastră se va îndrepta spre studiul și cercetarea posibilităților de a îmbunătăți bilanțurile energetic și economic la utilizarea aerului comprimat în mașinile cu piston din a doua grupă, de tipul ciocanelor de forjat și al altora asemănătoare.

Din cele ce se vor expune mai departe și care reprezintă rezultatele studiilor teoretice și ale experiențelor practice efectuate în R.P.R., se va vedea că există căi simple și verificate pentru a considera că aerul comprimat, încălzit și folosit rațional, poate concura cu succes din punct de vedere energetic și economic alte forme de energie. *Concluzia importantă*, care va rezulta din cele cuprinse în lucrarea de față, este că instalațiile noi privind încălzirea aerului comprimat (pînă la temperaturi de cca. 300°C) au repercusiuni pozitive chiar cu actualele mașini consumatoare (mașini cu piston fără expansiune); prin introducerea unor noi tipuri de utilaje consumatoare (cu expansiune completă), bilanțurile energetic și economic își găsesc forme de expresie optimă [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 ,11].

* Conferință ținută în ziua de 17 martie 1961, la ASIT — Filiala București, Secția Energetică — Electrotehnică.

II. Îmbunătățiri cu actualele utilaje pneumatice

a) *Considerații tehnice*

Aerul comprimat folosit la ciocanele de forjat (și altele asemănătoare) are în general temperatura de 20—30°C și o presiune care variază între 5 și 9 kgf/cm² (presiune absolută), în funcție de consumul tuturor utilajelor pneumatice, de buna stare a îmbinărilor etanșe de pe conducte, de diametrele conductelor, de numărul de robinete și de frecvența schimbărilor de direcție pe care le suportă de la compresor pînă la consumator, etc.

Motoarele acestor ciocane lucrează fără expansiune și, ca atare, aerul comprimat nu suportă nici o schimbare de stare și deci procesul respectiv nu se poate reprezenta în coordonata $T-S$, ci numai în coordonata $P-v$ (fig. 1). Evacuarea aerului din cilindrul mașinii se face la o presiune $p_2 > 1$ at $= 1{,}1$ kgf/cm².

În figura 1, aria $a-1-e-b$ reprezintă lucrul mecanic obținut cu un motor fără expansiune. Se observă că la acest fel de motor se utilizează numai o parte din energia aerului comprimat respectiv (comparativ, un motor cu expansiune completă ar furniza în plus o cantitate de lucru mecanic reprezentată prin aria $1-2-e$, iar unul cu expansiune parțială respectiv cantitatea reprezentată prin aria $1-2'-c-e$).

Diagramele lucrurilor mecanice, așa cum sînt reprezentate în coordonate $P-v$ din figura 1, nu cuprind temperatura aerului comprimat admis în cilindrul unei mașini cu piston. Dacă însă aerul comprimat este încălzit la o temperatură T_1 înainte de a fi admis în cilindru, atunci el își mărește volumul proporțional cu creșterea

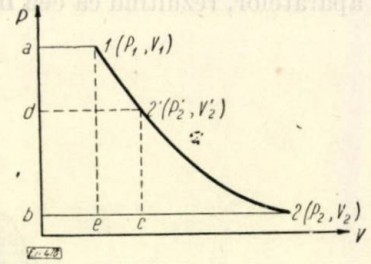


Fig. 1.

temperaturii sale, și anume cu cca. 1% pentru fiecare 3°C. În figura 2 se arată, în coordonata $T-S$, schimbările de stare (datorită încălzirii) ale aerului, considerat la două presiuni diferite P_1 și P_1'. În această figură punctele M și M'

reprezintă stările inițiale la temperatura mediului ambiant (293°K), iar punctele M_1 și M'_1, stările finale corespunzătoare temperaturii $T_1 > 293°K$.

Prin încălzire la presiune constantă volumele specifice ale aerului se măresc, adică $v_1 > v$ și $v'_1 > v'$, iar energia sa internă crește cu o cantitate reprezentată de aria $M - M_1 - m_1 - m$, respectiv $M' - M'_1 - m'_1 - m'$.

Valoarea creșterii energiei va fi echivalentă cu căldura introdusă în aer, adică :

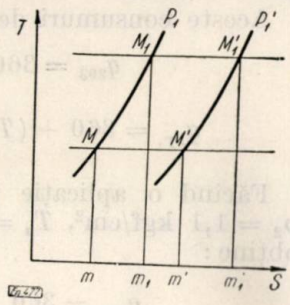


Fig. 2.

$$q_1 = c_p (T_1 - T_a) \quad (1)$$

în care :

c_p reprezintă căldura specifică a aerului la presiune constantă = 0,241 kcal/kgf (considerată invariabilă pentru gama de presiuni și temperaturi întîlnite în cazul de față) ;

T_1 — temperatura finală absolută, după încălzire, în grade Kelvin;

T_a — temperatura inițială absolută înainte de încălzire = 293°K.

Ecuația (1) arată că ariile care reprezintă creșterile energiei aerului nu depind de presiune și sînt proporționale cu creșterea temperaturii $(T_1 - T_a)$, adică energia aerului comprimat crește cu 1% pentru fiecare 3°C, la fel ca și volumul.

Încălzirea aerului comprimat se poate face în instalații special construite în acest scop, bazate pe circulația dirijată (prin ventilator) a gazelor de încălzire (provenite de la combustibili sau din recuperări de căldură). Instalațiile respective trebuie să dispună de un reglaj sigur al temperaturii fluidului (aer comprimat) în funcție de necesitățile, uneori foarte variabile, ale utilajului consumator, observînd ca temperaturile să nu depășească 300°C, limită admisă de uleiurile de cilindru *.

b. *Considerații energetice*

Lucrul mecanic produs de un motor pneumatic fără expansiune se poate calcula cu formula cunoscută din termotehnică :

$$L_1 = 10\,000\ (p_1 - p_a)\ v_1 \cdot T_1 = 10\,000\ p_1 \cdot v_1 \cdot$$

$$\cdot T_1 \left(1 - \frac{p_a}{p_1}\right) = 10\,000\ p_a \cdot v_a \cdot \frac{T_1}{T_a} \left(1 - \frac{p_2}{p_1}\right) =$$

$$= RT_1 \left(1 - \frac{p_2}{p_1}\right) \text{ kgf. m/kgf,} \quad (2)$$

în care :

R este $10\,000 \frac{p_a \cdot v_a}{T_a}$ = constanta gazelor = = 29,27 kgf. m/kgf (pt. aer) ;

p_1 — presiunea inițială (absolută) a aerului în kgf/cm² ;

p_2 — presiunea finală (absolută) de evacuare în kgf/cm² ;

p_a — presiunea atmosferică = 1,033 kgf/cm² ;

T_a — temperatura aerului înconjurător = 293°C ;

v_a — volumul specific al aerului la T_a și p_a.

În cazul cînd aerul nu este încălzit, $T_1 = T_a$ și atunci :

$$L_{1_{293°K}} = 10\,000\ p_a \cdot v_a \left(1 - \frac{p_2}{p_1}\right) \text{kgf.m/kgf.} \quad (2)$$

---

* După studiile și proiectul autorului s-a construit, la Uzinele „23 August" din București, o instalație de încălzit aerul comprimat, care lucrează din iunie 1959 la Secția Forjă a acestei uzine și alimentează cu aer cald două ciocane de forjă (unul cu un berbec de cca. 500 kgf și altul cu un berbec de cca. 1 000 kgf).

Instalația este proiectată pentru un debit nominal de 1200 m³ N/h. Încălzirea se face cu gaz metan, dar prin adaptări simple, poate fi folosit combustibil lichid sau chiar căldura recuperată de la gazele unor cuptoare de forjă etc.

Instalația realizată lucrează pe principiul recirculării gazelor răcite și asigură un transfer de căldură de cca. 67000 kcal/h cu un randament termic în jurul a 80—85 %. Schimbătorul de căldură este format dintr-o serie de serpentine prin care circulă aerul comprimat, iar în exteriorul acestora circulă gaze calde la o temperatură sub 500°C, așa că nu a fost necesară utilizarea unor oțeluri speciale refractare. Aerul poate fi încălzit la orice temperatură se dorește (200—300°C) care este menținută ca atare cu ajutorul unei reglări electrice. Cele două ciocane alimentate cu aer cald nu au necesitat nici o modificare, lăsînd neschimbate garniturile de etanșare, uleiul și sistemul de ungere. Schema de alimentare cu aer permite trecerea, după dorință sau necesitate, de la aer cald la rece și invers și împiedică o scurtcircuitare între traseul de aer cald și rece.

Materialele și aparatajul necesar instalației se găsesc pe piața internă și construcția este de specificul cazangeriei. Costul unei instalații montate este de ordinul a 50 000 lei. Se consumă cca. 10 m³/h gaz metan și 2 kWh (de către motorul ventilatorului) și se obține un surplus volumetric de aer de cca. 800 m³/h, care revine la un preț de cost de cca. 0,002 lei/m³ (inclusiv regia).

Uzinele „23 August" au omologat instalația construită și au acceptat-o la 19 oct. 1959 ca inovație, cu mențiunea de generalizare în uzină și în țară (azi ea este brevetată ca invenție), iar M.I.G. a aprobat aceste încheieri. De la darea în funcțiune (15 iunie 1959) instalația nu a necesitat nici o transformare, ajustare etc., ci numai întreținere curentă. Reproducerea de către orice uzină a instalației de la Uzinele „23 August" se poate face ușor, deoarece se dispune de toată documentația necesară sub forma de proiect de execuție (la uzină) și a unei broșuri speciale (Construcția și folosirea instalației tip I.N. pentru încălzirea aerului comprimat. I.D.T. 1959) [9].

Dacă aerul este încălzit la T_1 se obține un surplus de lucru mecanic:

$$\Delta L_1 = L_{1_{T_1}} - L_{1_{293}} = 10\,000\, p_a \cdot v_a \left(1 - \frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \left(\frac{T_1}{T_a} - 1\right) \text{ sau}$$

$$\Delta L_1 = R(T_1 - T_a)\left(1 - \frac{p_2}{p_1}\right) \text{ kgf.m/kgf.} \quad (3)$$

Surplusul relativ de lucru mecanic obținut prin încălzire va fi:

$$\lambda_1 = \frac{\Delta L_1}{L_{1_{293}}} = \frac{T_1 - T_a}{T_a}. \quad (4)$$

Randamentul energetic al încălzirii va fi raportul dintre surplusul de lucru mecanic obținut și cantitatea de căldură consumată pentru încălzire*, adică:

$$\Psi_1 = \frac{\Delta L_1 \cdot \eta_m}{427 \cdot q_1 \cdot \frac{1}{0{,}8}} = \frac{R(T_1 - T_a)\left(1 - \frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \eta_m}{427 \cdot c_p (T_1 - T_a) \cdot 1{,}25} \text{ sau}$$

$$\Psi_1 = \frac{R\left(1 - \frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \eta_m}{427 \cdot c_p \cdot \frac{1}{0{,}8}} = \frac{R\left(1 - \frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \eta_m}{427 \cdot c_p \cdot 1{,}25} =$$

$$\frac{R}{427 \cdot c_p \cdot 1{,}25}\left(1 - \frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \eta_m \quad (5)$$

Făcînd înlocuirile $R = 29{,}27$ kgf.m/kgf.°C

$c_p = 0{,}241$ kcal/kgf.°C

se obține:

$$\Delta L_1 = 29{,}27\ (T_1 - T_a)\left(1 - \frac{p_2}{p_1}\right) \text{ kgf.m/kgf;} \quad (3\text{ a})$$

$$\Psi_1 = \frac{0{,}285 \cdot \eta_m}{1{,}25}\left(1 - \frac{p_2}{p_1}\right) = 0{,}228\left(1 - \frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \eta_m. \quad (5\text{ a})$$

Ecuațiile (3), (4) și (5) arată că:

— surplusul absolut de lucru mecanic ΔL_1 este proporțional cu creșterea temperaturii (crește cu 1% pentru fiecare + 3°C) și are valori cu atît mai mari, cu cît p_1 este mai mare (la același p_2);

— surplusul relativ de lucru mecanic λ_1 este proporțional cu creșterea temperaturii la fel ca și ΔL_1, dar nu depinde de p_1;

— randamentul energetic al încălzirii Ψ_1 nu depinde de temperatură, dar crește cînd p_1 se mărește (la același p_2).

*) În expresia lui Ψ_1 s-a ținut seama și de randamentul termic, $\eta_t = 0{,}8$, al încălzitoarelor de aer comprimat și randamentul mecanic η_m al motoarelor pneumatice.

Consumurile totale de energie vor fi calculate ținînd seama că un kgf de aer comprimat la $p_1 = 5 - 8$ kgf/cm², reclamă de la compresor 0,1 kWh, respectiv 360 kcal (raportînd la indicele de consum de căldură planificat în R.P.R. pe 1961, care este 3 600 kcal/kWh).

Aceste consumuri de energie vor fi:

$$q_{293} = 360 \text{ kcal/kgf;}$$

$$q_{1_{T_1}} = 360 + (T_1 - T_a) \cdot \frac{0{,}241}{0{,}8}.$$

Făcînd o aplicație pentru $p_1 = 8$ kgf/cm², $p_2 = 1{,}1$ kgf/cm², $T_a = 293$°K, $T_1 = 573$ °K, se obține:

$$q_{1_{T_1}} = 360 + \frac{280 \cdot 0{,}241}{0{,}8} =$$

$$= \left(360 + \frac{67{,}5}{0{,}8}\right) \text{kcal/kgf} = 444 \text{ kcal/kgf;}$$

$$L_{1_{293}} = 7\,400 \text{ kgf.m/kgf;}$$

$$L_{1_{573}} = 14\,450 \text{ kgf.m/kgf.}$$

De aici rezultă *randamentele energetice totale*:

$$\eta_{1_{293}} = \frac{7400 \cdot \eta_m}{360 \cdot 427} = 0{,}048 \cdot \eta_m\ (4{,}8\%)$$

$$\eta_{1_{573}} = \frac{14\,450 \cdot \eta_m}{\left(360 + \frac{67{,}5}{0{,}8}\right)427} = 0{,}0765 \cdot \eta_m\ (7{,}65\%).$$

(În calculul $\eta_{1_{573}}$ s-a ținut seama de randamentul termic al încălzitoarelor moderne de aer comprimat, considerat practic egal cu 0,8 și de randamentul mecanic al motoarelor pneumatice, η_m.) Se observă că $\eta_{1_{573}}$ este cu cca. 60% mai mare decît $\eta_{1_{273}}$. Cu valorile de aplicație se mai obține:

$$\lambda_{1_{573}} = 0{,}955;$$

$$\Psi_{1_{573}} = 0{,}197.$$

c) *Considerații economice*

Datele de exploatare ale instalațiilor pneumatice (compresoare și conducte) arată că pierderile de aer prin lipsă de etanșeitate ating cca. 30—40% și că prețul de cost al aerului comprimat (inclusiv pierderi + regie etc.) ajung la mașinile consumatoare la cca. 0,06 lei/m³ respectiv 0,051 lei/kgf.

Instalația de încălzit aer comprimat tip I.N., în funcțiune la Uzinele „23 August" din București, realizează un surplus volumetric de aer cu un preț de cost de ~ 0,002 lei/kgf (socotind și aici aceeași regie)*. Așadar, 1 kgf de aer încălzit va costa 0,053 lei.

* Nu s-au mai socotit pierderile de etanșeitate pe traseul de aer încălzit, deoarece încălzitoarele de aer se amplasează în imediata apropiere a mașinilor consumatoare.

Prețurile de cost ce revin la 10^6 kgf.m vor fi:

$$C_{1_{293}} = \frac{0{,}051}{7\,400} \cdot 10^6 = 6{,}89 \text{ lei/Mkgf.m} - \text{la motoarele cu aer rece;}$$

$$C_{1_{573}} = \frac{0{,}053}{14\,450} \cdot 10^6 = 3{,}67 \text{ lei/Mkgf.m} - \text{la motoarele actuale cu aer cald.}$$

Se observă că prețul de cost al energiei pe care o poate da un kgf de aer încălzit la 300°C se reduce la cca. jumătate față de aerul neîncălzit.

Dar, în afară de aceasta, literatura de specialitate [2, 3, 4, 5, 6, 8] arată că (deoarece pierderile la organele de distribuție ale mașinilor pneumatice sînt mult mai mici cu aer încălzit) loviturile berbecilor ciocanelor de forjat sînt mult mai puternice și ca atare numărul de lovituri necesare forjării se reduce (cu cca. 30%), ceea ce este echivalent cu un surplus de energie corespunzător. Mai rezultă o economie substanțială în consumul de matrițe (acolo unde se forjează în matrițe), deoarece metalul este mai cald după un număr mai mic de lovituri și deci forjarea cu aer cald se efectuează într-un timp mai scurt decît cu aer comprimat rece și se termină cînd materialul este mai plastic.

Matrițele se vor uza mai puțin și vor dura deci la mai multe piese. În consecință, indicii de utilizare a halelor industriale, a ciocanelor și de productivitate a muncii se îmbunătățesc (cu cca. 30%) și costul matrițelor raportat la o piesă se reduce.

Concluzia este că încălzirea aerului comprimat este tehnicește realizabilă, iar din punct de vedere energetic și economic este foarte avantajoasă, chiar la actualele mașini pneumatice care lucrează fără expansiune.

III. Îmbunătățiri cu utilaje pneumatice de tip nou

În cele expuse sub punctul II s-a văzut că la actualele utilaje pneumatice, care lucrează fără expansiune, se pierde o mare cantitate din energia aerului comprimat, indiferent dacă se folosește aer comprimat rece sau încălzit (fig. 1). Se deduce de aici că este indicat să se construiască noi utilaje, care să lucreze cu expansiune.

Se știe însă că orice gaz, care expandează, se răcește, iar în cazul aerului comprimat, practica a arătat că temperatura la finele expansiunii nu trebuie să scadă sub −10°C (263°K), deoarece sub această temperatură se produce blocarea orificiilor de evacuare din cilindrii mașinilor pneumatice, prin înghețarea vaporilor de apă conținuți în aer. Or, expansiunea completă a aerului comprimat avînd inițial, spre exemplu, o presiune $p_1 = 8$ kgf/cm² și o temperatură de 293°K (+20°C) conduce la temperaturi finale între −63°C (pentru un indice politropic $n = 1{,}2$) și −107°C (pentru $n = 1{,}4$ [8, 10]).

Dacă s-ar dori însă ca temperatura finală să nu fie mai mică decît 263°K, atunci expansiunea poate fi numai parțială. În cazul exemplului cu $T_1 = 293$°K și $p_1 = 8$ kgf/cm², presiunea finală va fi $p_2' = 4{,}25$ (pentru $n = 1{,}2$) − 5,54 kgf/cm² (pentru $n = 1{,}4$), ceea ce reprezintă o mare pierdere de energie.

Pentru a folosi în întregime energia aerului comprimat, nu pot exista decît două căi [8, 10]:

− fie folosind aer la temperatura de 293°K cu o presiune p_1 așa calculată încît, prin destindere completă, temperatura finală să nu scadă sub −10°C; în acest caz p_1 (respectiv cantitatea de energie conținută în aerul comprimat) ar avea valori așa de mici încît o astfel de situație, practic, nu poate fi luată în considerație;

− fie folosind aer la presiunea p_1 mai mare, însă încălzit la o astfel de temperatură T_1, încît la o destindere completă pînă la $p_2 = 1{,}1$ kgf/cm² temperatura finală să nu scadă sub −10°C.

Expansiunea completă a aerului se poate realiza:

1) într-o singură treaptă;

2) în două trepte de expansiune, cu încălzire între trepte.

1. Motoare pneumatice cu expansiune completă într-o treaptă

a) Considerații tehnice

În figura 3 se prezintă, în coordonate $T-S$, o expansiune politropică completă între presiunile p_1 și p_2, de la starea inițială A_1 la starea finală A_2. Prin punctele A_1 și A_2 s-au dus izobarele P_1 și P_2, izocorele v_1 și v_2 și izotermele T_1 și T_2.

Lucrul mecanic obținut de la o expansiune politropică se poate calcula cu ecuația (6):

$$L_{exp.pol} = \frac{n(\varkappa - 1)}{(n-1)\,A} c_v (T_1 - 263) \text{ kgf.m/kgf.} \quad (6)$$

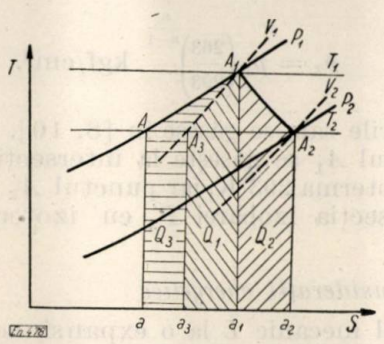


Fig. 3. Diagrama unei expansiuni politropice complete în coordonate $T-S$.

în care:

$$\varkappa = 1{,}4; \quad A = \frac{1}{427}.$$

Lucrul mecanic corespunde ariei A–A_1–A_2–a_2–a, care se compune din 3 părți:

– $Q_1 = c_v (T_1 - 263)$, reprezintă micșorarea energiei interne prin expansiune;

– $Q_2 = \frac{\varkappa - n}{n-1} c_v (T_1 - 263)$ reprezintă cantitatea de căldură ce se introduce din afară, de la pereții cilindrului, în masa aerului, pe timpul expansiunii;

– $Q_3 = (c_p - c_v)(T_1 - 263) = AR(T_1 - 263)$ corespunde diferenței între lucrul mecanic total și cel de expansiune propriu-zis, adică corespunde sumei algebrice a lucrurilor mecanice de admisie și evacuare a aerului.

Punctul A_3 se determină din diferența segmentelor $\overline{A\,A_2}$ (distanța orizontală între izobarele P_1 și P_2) și $\overline{A_3 A_2}$ (distanța orizontală între izocorele v_1 și v_2) și anume:

$$\overline{AA_3} = \overline{AA_2} - \overline{A_3A_2}$$

iar valorile $\overline{AA_2}$ și $\overline{A_3A_2}$ se pot extrage grafic dintr-o diagramă $T-S$ sau calcula cu ajutorul ecuațiilor:

$$\overline{AA_2} = AR \ln \frac{p_1}{p_2}$$

și

$$\overline{A_3A_2} = AR \ln \frac{v_2}{v_1}$$

sau

$$\overline{AA_3} = AR \left(\ln \frac{p_1}{p_2} - \ln \frac{v_2}{v_1} \right).$$

S-a arătat mai înainte că o expansiune totală ca în figura 3 nu se poate realiza dacă aerul are $p_1 = 4 - 8$ kgf/cm² și $T_1 = 293°K$. În astfel de condiții expansiunea nu poate fi decît parțială de la A_1 (p_1, v_1, $T_1 = 293°K$) la A_2' (p_2', v_2', $T_2' = 263°K$), așa cum se arată în figura 4. Presiunile p_2 se calculează cu ecuația (7):

$$p_2' = p_1 \left(\frac{263}{293} \right)^{\frac{n}{n-1}} \text{ kgf/cm}^2. \qquad (7)$$

iar valorile sale se găsesc în [8, 10].

Punctul A_1 se găsește la intersecția izobarei P_1 cu izoterma 293°K, iar punctul A_2' se găsește la intersecția izobarei P_2' cu izoterma 263°K (fig. 4).

b. *Considerații energetice*

Lucrul mecanic L la o expansiune completă este reprezentat în fig. 4 de aria A–A_1–A_2–a_2–a (pentru care punctul A se găsește la intersecția izobarei P_1 cu izoterma T_2 ce trece prin A_2). Dacă s-ar considera o altă expansiune normală completă însă cu punct inițial A_2' și punct final A_2, lucrul mecanic L_n' ce s-ar obține, ar fi reprezentat de aria A_3–A_2'–A_2–a_2–a_3 (pentru care punctul A_3 se găsește la intersecția izobarei P_2' cu izoterma T_2). În această suprafață este cuprins însă și lucrul mecanic de admisie și evacuare (aparținînd

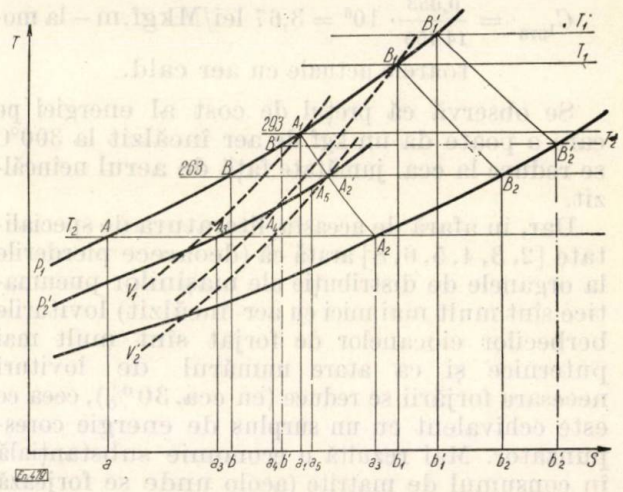


Fig. 4.

unei expansiuni normale din punctul A_2' la A_2) și care este reprezentat de suprafața A_3–A_2'–A_4–a_4–a_3 (pentru care punctul A_4 se găsește la intersecția izocorei v_2' cu izoterma T_2). Referindu-ne la coordonate $P-v$, (fig. 1) lucrul mecanic L_n' ar fi reprezentat de suprafața d–$2'$–2–b.

Poziția punctului A_4 se poate determina grafic cu ajutorul diagramelor entropice sau analitic cu formula:

$$\overline{A_3A_4} = AR \left(\ln \frac{p_2'}{p_2} - \ln \frac{v_2}{v_2'} \right),$$

iar lucrul mecanic pierdut L_p se va determina ținînd seama că:

$$L_n' = \frac{n(\varkappa - 1)}{(n-1)A} c_v (263 - T_{2\,pol}) \text{ kgf.m/kgf.} \qquad (6\text{ a})$$

Lucrul mecanic pierdut, ca urmare a expansiunii parțiale cu evacuare în atmosferă, este deci:

$$L_p = L_n' - (P_2' - P_2) v_2' =$$

$$= \frac{n(\varkappa - 1)}{(n-1)A} c_v (263 - T_{2\,pol}) - (P_2' - P_2) v_2' \text{ kgf.m/kgf.} \qquad (8)$$

Dacă din L_n' s-ar scădea însă suma lucrurilor mecanice de admisie și evacuare corespunzătoare, s-ar obține lucrul mecanic de expansiune simplă pentru starea $2'$, adică:

$$L_n'' = \frac{n(\varkappa - 1)}{(n-1)A} c_v (263 - T_{2\,pol}) - (P_2' \cdot v_2' - P_2 \cdot v_2) =$$

$$= \frac{\varkappa - 1}{(n-1)A} c_v (263 - T_2) \text{ kgf.m/kgf} \qquad (9)$$

și acestuia i-ar corespunde aria $A_4-A_2'-A_2-a_2-a_4$.

Scăzînd ecuația (8) din ecuația (9) se obține :

$$L_n'' - L_p = P_2 \cdot v_2 - P_2' \cdot v_2' + P_2' \cdot v_2' - P_2 \cdot v_2' = P_2 (v_2 - v_2') > 0 \text{ kgf.m/kgf adică } L_n'' > L_p.$$

Din aceasta rezultă că suprafața care corespunde lucrului mecanic pierdut prin expansiune parțială, L_p, este mai mică decît aria $A_4-A_2'-A_2-a_2-a_4$. L_p este reprezentat în fig. 4 prin suprafața $A_5-A_2'-A_2-a_2-a_5$, iar lucrul mecanic obținut L_n la o expansiune parțială este reprezentat deci de suprafața $A-A_1-A_2'-A_5-a_5-a$.

Din ecuațiile (6) și (8) de mai sus, se poate scrie ecuația (10) a lucrului mecanic, L_n, dat de 1 kgf aer comprimat considerat că expandează parțial ca în figura 4, între starea inițială A_1 (293°K) și starea finală A_2' (263°K), fiind evacuat apoi în atmosferă, adică :

$$L_n = \frac{n(\varkappa-1)}{(n-1)A} c_v (293 - 263) + (P_2' - P_2) \cdot v_2' \text{ kgf.m/kgf.} \qquad (10)$$

Însă prin încălzirea aerului, peste 293°K, pînă la o temperatură minimă T_1, determinată de ecuația (11) :

$$T_1 = T_2 \left(\frac{p_1}{1{,}1}\right)^{\frac{n-1}{n}} = 263 \left(\frac{p_1}{1{,}1}\right)^{\frac{n-1}{n}} \text{°K} \qquad (11)$$

se poate obține o destindere completă a aerului comprimat în cilindrul motorului pneumatic. Încălzirea va avea loc la presiunea constantă P_1, iar punctul inițial se va deplasa din A_1 în B_1 (intersecția izobarei P_1 cu izoterma T_1). Punctul final la o expansiune politropică va fi B_2 (intersecția izobarei $P_2 = 11\,000$ kgf/m² cu izoterma 263°K), iar lucrul mecanic obținut de la aerul încălzit este reprezentat de suprafața $B-B_1-B_2-b_2-b$ (pentru care B este intersecția izobarei P_1 cu izoterma 263°K), iar valoarea sa numerică se poate calcula cu ecuația (6).

Temperaturile T_1 calculate cu ajutorul ecuației (11) variază de la 463°K la 326°K (în funcție de p_1 și n).

Observația 1 : Valorile lucrurilor mecanice raportate la masa unui m³ aer la presiunea atmosferică ($p_a = 1$ kgf/cm² și $T = 293$°K) se obțin prin multiplicarea cu 1,165 kgf (greutatea masei respective a aerului) a valorilor din ecuația (6).

Observația 2 : În figura 5 se arată o expansiune reală în cilindrul motorului care se va desfășura după o curbă puțin deviată de ceea ce este arătat în figurile 3 și 4.

Astfel, în momentul cînd începe expansiunea (punctul B_1) aerul este mai cald decît pereții cilindrului și deci aerul se destinde și cedează în același timp căldura către pereții cilindrului. Curba de expansiune va merge în jos la stînga adiabatei din B_1 (verticala din B_1), în care timp $n > \varkappa$. În momentul cînd temperaturile aerului și pereților sînt egale, $n = \varkappa$, iar curba expansiunii devine tangentă la o verticală în punctul I.

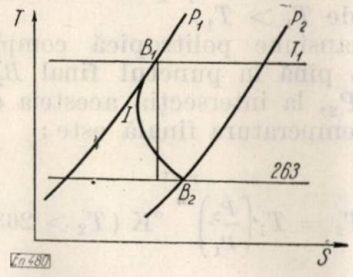


Fig. 5.

După aceea temperatura aerului scade (datorită expansiunii) sub temperatura pereților,pereții cilindrului cedează căldura aerului, iar curba de expansiune merge spre dreapta (din I în B_2), realizîndu-se o expansiune politropică cu $n < \varkappa$.

Temperaturile ce pot fi suportate de uleiurile de cilindru și de garnituri (cca. 300°C sau 573°K) sînt mai mari decît temperaturile minime (326 — 463°K) calculate cu ecuația (11) spre a obține expansiunea completă a aerului comprimat. Să examinăm influența temperaturii inițiale asupra valorii lucrului mecanic atunci cînd aerul comprimat este încălzit la temperaturi mai ridicate decît cele date de ecuația (11).

Dacă se consideră o serie de expansiuni la care $\frac{p_1}{p_2} = \varepsilon$ și n se mențin invariabile și dacă se fac înlocuirile :

$$\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{n-1}{n}} = \left(\frac{1}{\varepsilon}\right)^{\frac{n-1}{n}} = C_1 \qquad (12)$$

$$427 \cdot \frac{n(\varkappa-1)}{n-1} c_v = 29{,}27 \frac{n}{n-1} = C_2 \qquad (13)$$

în care s-a luat $\varkappa = 1{,}4$ și $c_v = 0{,}172$ kcal/kgf °C, ecuațiile (11) și (6) se mai pot scrie :

$$T_1 = T_2 \cdot \frac{1}{C_1} \text{°K} \qquad (11\,a)$$

$$L_{exp.\,pol} = C_2 (T_1 - T_2) = C_2 \cdot T_1 (1 - C_1) \text{ kgf.m/kgf} \qquad (6\,b)$$

Valorile C_2 sînt :

pentru $n = 1{,}2$; $C_2 = 176{,}4$;

$n = 1{,}3$; $C_2 = 127{,}3$;

$n = 1{,}4$; $C_2 = 102{,}8$.

Din ecuația (6 b) rezultă că în cazul cînd ε și n sînt constante, lucrul mecanic obținut de la o expansiune completă a aerului comprimat, este proporțional cu temperatura inițială de la care începe destinderea.

Dacă se ține seama că (în fig. 4) B_1 reprezintă punctul inițial al unei expansiuni complete, el se găsește la intersecția T_1 dată de ecuația (11) cu izobara P_1. Încălzind aerul comprimat peste temperatura T_1, punctul inițial se va deplasa în sus pe izobara P_1 pînă în B_1', căreia îi corespunde $T_1' > T_1$.

O expansiune politropică completă se va desfășura pînă în punctul final B_2' situat pe izobara P_2, la intersecția acesteia cu izoterma T_2', iar temperatura finală este:

$$T_2' = T_1'\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{n-1}{n}} °\text{K}\ (T_2' > 263°\text{K}). \quad (14)$$

Lucrul mecanic obținut în acest caz este reprezentat, în figura 4, de aria $B_1'-B_2'-b_2'-b'-B'$ (punctul B' se găsește la intersecția izobarei P_1 cu izoterma T_2').

Deoarece distanța orizontală între izobarele P_1 și P_2 este constantă $\left(\text{și egală cu } AR\ln\frac{p_1}{p_2}\right)$, înseamnă că $\overline{BB_2} = \overline{B'B_2'}$ și că deci $\overline{bb'} = \overline{b_2b_2'}$. Din aceasta rezultă că se poate admite că aria $B-B'-b'-b$ = aria $B_2-B_2'-b_2'-b_2$ și în consecință aria $B-B_1-B_2-b_2-b$ = aria $B'-B_1-B_2-B_2'-b_2'-b'$. Ca atare, prin încălzirea aerului comprimat la temperatura T_1 se obține un surplus de lucru mecanic, reprezentat prin suprafața $B_1-B_1'-B_2'-B_2$, care este proporțională cu creșterea temperaturii de la T_1 la T_1'.

Încălzirea aerului se va face și pentru aceste motoare în încălzitoare construite după aceleași principii ca și pentru motoarele fără expansiune. Ele sînt amplasate pe traseul dintre compresoare și motoare pneumatice, așadar se realizează o încălzire la presiune constantă.

Cantitățile de căldură teoretice consumate vor fi:

— în cazul încălzirii pînă la T_1;

$$q_2 = c_p\,(T_1 - T_a) = c_p(T_1-293)\ \text{kcal/kgf}; \quad (15)$$

— în cazul încălzirii pînă la $T_1' > T_1$:

$$q_2' = c_p(T_1' - T_a) = c_p(T_1 - T_a) + c_p(T_1' - T_1)\ \text{kcal/kgf}. \quad (16)$$

Supraîncălzirea consumă un surplus de căldură

$$q_2^+ = c_p\,(T_1' - T_1)\ \text{kcal/kgf}. \quad (17)$$

Surplusurile de lucru mecanic realizate cu motorul cu expansiune completă în cazul încălzirii pînă la T_1 și T_1' față de motorul fără expansiune se obțin scăzînd ecuația (2) din (6 b), adică:

— în cazul încălzirii pînă la T_1:

$$\Delta L_2 = C_2\cdot T_1\,(1-C_1) - 293\ R\left(1-\frac{p_2}{p_1}\right)\text{kgf.m/kgf} \quad (18)$$

— în cazul încălzirii pînă la T_1':

$$\Delta L_2' = C_2\cdot T_1'\,(1-C_1) - 293\ R\left(1-\frac{p_2}{p_1}\right)\text{kgf. m/kgf}. \quad (19)$$

Surplusul de lucru mecanic obținut numai datorită supraîncălzirii de la T_1 la T_1' va fi:

$$\Delta L_2^+ = C_2\,(1 - C_1)\,(T_1' - T_1)\ \text{kgf.m/kgf}. \quad (20)$$

Randamentele energetice la încălzirea aerului comprimat vor fi socotite ca raporturile dintre surplusul de lucru mecanic obținut, față de căldura consumată, adică:

— în cazul încălzirii pînă la T_1

$$\Psi_2 = \frac{\Delta L_2\cdot A\,\eta_m}{q_2\cdot\frac{1}{0{,}8}} = \frac{A\cdot\left[C_2\cdot T_1\,(1-C_1) - 293\cdot R\left(1-\frac{p_2}{p_1}\right)\right]}{c_p\,(T_1-293)\cdot 1{,}25}\cdot\eta_m \quad (21)$$

— în cazul încălzirii pînă la T_1'

$$\Psi_2' = \frac{\Delta L_2'\cdot A\,\eta_m}{q_2'\frac{1}{0{,}8}} = \frac{A\left[C_2\cdot T_1'\,(1-C_1) - 293\ R\left(1-\frac{p_2}{p_1}\right)\right]}{c_p\,(T_1'-293)\,.\,1{,}25}\eta_m. \quad (22)$$

— pentru supraîncălzirea de la T_1 la T_1'

$$\Psi_2^+ = \frac{\Delta L_2^+\cdot A\,\eta_m}{\frac{1}{0{,}8}\cdot q_2} = \frac{A\,\eta_m\,C_2\,(1-C_1)(T_1'-T_1)}{c_p\,(T_1'-T_1)\cdot 1{,}25} = \frac{\eta_m\ C_2\cdot A}{1{,}25\cdot c_p}\,(1-C_1); \quad (23)$$

sau ținînd seama de ecuația (13) se mai poate scrie:

$$\Psi_2^+ = \frac{0{,}286}{1{,}25}\ \eta_m\ \frac{n}{n-1}\,(1-C_1). \quad (23\ a)$$

Ecuațiile (15)—(23) arată că în cazul motoarelor cu expansiune completă:

— cantitățile de căldură necesare încălzirii aerului sînt proporționale cu creșterea temperaturii $(T_1 - 293)$;

— surplusurile de lucru mecanic sînt proporționale cu creșterea temperaturii și sînt mai mari cînd p_1 crește;

— randamentul energetic al supraîncălzirii Ψ_2^+ este independent de temperatură și la același n crește cu presiunea p_1.

Consumurile de energie totale vor fi calculate ținînd seama de cele deja stabilite la punctul *II*.

Făcînd și aici o aplicație pentru $T_1 = 573°K$, $p_1 = 8$ kgf/cm², $p_2 = 1{,}1$ kgf/cm² se obține:

$$L_{1_{293}} = 7\,400 \text{ kgf.m/kgf}$$

$$L_{2_{573}} = 26\,500 \text{ kgf.m/kgf} \quad (\text{pentru } n = 1{,}3)$$

$$q_{1_{293}} = 360 \text{ kcal/kgf}$$

$$q_2' = 67{,}5 \text{ kcal/kgf}$$

$$q_{1_{573}} = 360 + 1{,}25.67{,}5 = 444{,}3 \text{ kcal/kgf.}$$

Surplusurile de lucru mecanic vor fi:

— în raport cu motorul fără expansiune lucrînd cu aer rece:

$$\Delta L_2' = 26\,500 - 7\,400 = 19\,100 \text{ kgf.m/kgf}$$

— în raport cu motorul fără expansiune, lucrînd și acesta cu aer încălzit la 573°K:

$$\Delta L_2' = 26\,500 - 14\,450 = 12\,050 \text{ kgf.m/kgf}$$

Randamentul energetic total va fi:

$$\eta'_{2_{573}} = \frac{A.L'_{2_{573}} \cdot \eta_m}{(q_{293} + q_2 \cdot 1{,}25)} \frac{26\,500 \cdot \eta_m}{(360 + 67{,}5 \cdot 1{,}25) \cdot 427} =$$

$$= \frac{26\,500 \cdot \eta_m}{444{,}3 \times 427} = 0{,}14\eta_m \quad (14{,}1\%)$$

Randamentul energetic al încălzirii

— în raport cu motorul fără expansiune folosind aer rece:

$$\Psi_{2_{573}} = \frac{\Delta L_2 \cdot A \cdot \eta_m}{1{,}25\, c_p(573-293)} = \frac{19\,100 \cdot \eta_m}{1{,}25 \cdot 67{,}5 \cdot 427} =$$

$$= 0{,}530 \cdot \eta_m \quad (53{,}0\%)$$

c) *Considerații economice*

Instalația de încălzit aer comprimat tip I.N. poate fi folosită și pentru motoarele cu expansiune în aceleași condiții ca și la motoarele fără expansiune. Așadar prețurile de cost pentru 10^6 kgf.m vor fi:

$C_{1_{293}} = 6{,}89$ lei/M kgf.m — la motoarele actuale cu aer rece

$C_{2_{573}} = \frac{0{,}053}{26\,500} = 10^6 = 2{,}00$ lei/M kgf.m — la motoare cu expansiune într-o treaptă cu aer cald.

Prețul de cost $C_{2_{573}}$ este de cca. 30% din cel de la motoarele fără expansiune, lucrînd cu aer rece și de cca. 55% din cel al motoarelor fără expansiune, care lucrează cu aer cald. Rămîn și aici valabile comentariile făcute la punctul *II* privind eficacitatea mai mare a loviturilor berbecilor ciocanelor de forjat, economia de matrițe etc.

Concluzia este că folosirea aerului comprimat cald în motoare cu expansiunea completă este posibilă și este mai avantajoasă din punct de vedere energetic și economic decît la motoarele fără expansiune. Pentru lucrul cu expansiune sînt necesare alte mașini, care vor avea curse mai lungi; iar pentru a avea lovituri de berbec la ciocanele de forjat la fel de puternice ca la ciocanele fără expansiune, trebuie ca diametrele pistoanelor să fie ceva mai mari decît la motoarele fără expansiune.

2. Motoare cu expansiune completă în două trepte, cu reîncălzire între trepte

Expansiunea în două trepte se poate realiza pe două căi: folosind aer comprimat încălzit, numai înainte de prima treaptă, pînă la o temperatură suficient de mare, pentru ca la sfîrșitul expansiunii din a doua treaptă să nu se răcească sub — 10°C; în acest caz se poate arăta că această dublă expansiune, în lanț, este echivalentă cu o expansiune într-o singură treaptă al cărei coeficient de expansiune total ε este egal cu produsul coeficienților de expansiune parțiali de la două trepte (care pot fi și inegali); calculele termodinamice mai arată că dacă se pornește de la aceeași temperatură inițială, T_1, se obține aceeași cantitate de lucru mecanic și aceeași temperatură la sfîrșitul expansiunii complete ca și în cazul expansiunii într-o singură treaptă, tratat anterior sub punctul *II*.

Aceste motoare prezintă caracteristici energetice și economice asemănătoare cu ale motoarelor cu o treaptă, dar pistoanele lor vor avea curse de expansiune reduse la cca. jumătate.

Folosind însă aer comprimat încălzit înainte de prima treaptă și reîncălzit apoi și între trepte, la aceeași temperatură inițială, se pot ivi două variante:

V a r i a n t a 1. Aerul comprimat este încălzit la temperatura T_1'' minimă necesară unei expansiuni totale *.

a) *Considerații tehnice*

În cadrul acestei variante se poate imagina un motor pneumatic care să lucreze după următoarea schemă (v. fig. 6):

Pornind din punctul A_1 (T_1'', P_1) aerul încălzit $\left(\text{pînă la } T_1'' = \frac{263}{C_1'}\right)$ se destinde în prima treaptă, după o politropă pînă în punctul A_2' ($T_2 = 263°K$, P_2'); apoi aerul evacuat din cilindrul primei trepte este reîncălzit tot pînă la T_1'' de-a lungul izobarei P_2' pînă în punctul B_2', de unde expandează în cilindrul treptei a doua pînă în punctul B_2 ($T_2 = 263°K$; $P_2 = 11\,000$ kgf/m²) și este evacuat în atmosferă. Încălzitorul de aer trebuie să aibă două circuite, unul de

* Prin T_1'' se înțelege temperatura la care trebuie încălzit aerul comprimat înainte de admisiile în cilindrii celor 2 trepte, pentru ca temperaturile finale la fiecare treaptă să fie 263° K, iar la evacuarea din a doua treaptă presiunea sa să fie $P_2 = 11\,000$ kgf/m².

presiune înaltă p_1 și altul de presiune joasă p_2. Aerul va trece deci de două ori prin încălzitor.

Dacă se admite că expansiunea în cele două trepte se face după politrope cu același n și că

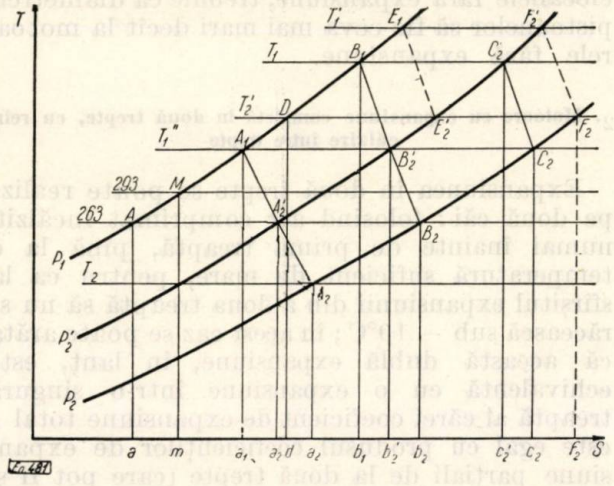


Fig. 6.

temperaturile inițiale sînt egale cu T_1'' pentru ambele trepte, atunci ecuația lucrului mecanic este:

$$L_3 = \frac{n}{n-1} RT_1'' \left[2 - \left(\frac{p_2'}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - \left(\frac{p_2}{p_2'} \right)^{\frac{n-1}{n}} \right] \text{kgf.m/kgf} \quad (24)$$

în care:

p_1 este presiunea inițială la prima treaptă;

p_2' — presiunea finală la prima treaptă și inițială la a doua treaptă;

p_2 — presiunea finală la a doua treaptă.

Se poate demonstra că L_3 are valoare maximă dacă:

$$p_2' = \sqrt{p_1 \cdot p_2} \quad (25)$$

Ecuația (25) se mai poate scrie:

$$\frac{p_1}{p_2'} = \frac{p_2'}{p_2} = \varepsilon' = \text{coeficientul de expansiune parțială.} \quad (26)$$

Însă:

$$\varepsilon = \frac{p_1}{p_2} = \frac{p_1}{p_2'} \cdot \frac{p_2'}{p_2} = \varepsilon'^2.$$

Deci:

$$\varepsilon' = \sqrt{\varepsilon}. \quad (27)$$

Așadar, lucrul mecanic, L_3, dat de motorul în două trepte este maxim, cînd ambele trepte lucrează cu același coeficient de expansiune, egal cu rădăcina pătrată a coeficientului de expansiune totală. În aceste condiții expresia lucrului mecanic devine:

$$L_3 = \frac{2n}{n-1} RT_1'' \left[1 - \frac{1}{\varepsilon'^{\frac{n-1}{n}}} \right] \text{kgf.m/kgf} \quad (28)$$

iar valoarea temperaturii minime T_1'' va fi dată de ecuația:

$$T_1'' = 263 \cdot \varepsilon'^{\frac{n-1}{n}}. \quad (11\ a)$$

În mod analog temperatura inițială la motorul cu numai o treaptă se va putea scrie:

$$T_1 = 263 \cdot \varepsilon^{\frac{n-1}{n}} = 263 \cdot \varepsilon'^{2\frac{n-1}{n}}. \quad (11\ b)$$

Din ecuațiile de mai sus rezultă:

$$T_1 = T_1'' \cdot \varepsilon'^{\frac{n-1}{n}} > T_1''. \quad (29)$$

Dacă se notează cu v_1 și v_2' volumele specifice ale aerului la admisia respectivă în treapta întîi și a doua (adică la aceeași temperatură T_1'', dar la presiunile p_1 și respectiv p_2') se poate scrie:

$$v_1 \cdot p_1 = v_2' \cdot p_2'$$

sau

$$v_2' = \frac{p_1}{p_2'} \cdot v_1 = v_1 \cdot \varepsilon' = v_1 \cdot \sqrt{\varepsilon}. \quad (30)$$

Deoarece în ambii cilindri trebuie să intre aceleași mase de aer exprimate în kgf, înseamnă că *volumele de aer admise vor fi egale cu cîte o cotă K din* v_1 *și* v_2'.

Dacă cilindrii celor două trepte sînt coliniari, pistoanele lor vor avea aceeași cursă de admisie s' și aceeași cursă de expansiune S'. De aici rezultă:

— pentru prima treaptă

$$K \cdot v_1 = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \cdot s'$$

— pentru a doua treaptă

$$K \cdot v_2' = \frac{\pi d_2^2}{4} \cdot s'$$

sau

$$\frac{v_2'}{v_1} = \frac{d_2^2}{d_1^2}$$

Ținînd seama de relația (30) se poate deci scrie:

$$\frac{d_2^2}{d_1^2} = \varepsilon' = \sqrt{\varepsilon} \quad (31)$$

sau

$$d_2 = d_1 \cdot \sqrt{\varepsilon'} = d_1 \cdot \sqrt[4]{\varepsilon}. \quad (31\ a)$$

Din ecuația (31 a) se deduce *că raportul diametrelor* d_2/d_1 este egal cu rădăcina pătrată

a raportului de expansiune parțială ε' respectiv egal cu rădăcina de ordinul 4 a raportului total de expansiune ε.

Trebuie observat că motorul cu două trepte, avînd cilindrii coliniari are *cursa de expansiune* mai mică decît motorul cu o treaptă, la același coeficient total de expansiune.

b) *Considerații energetice*

Ecuația (29) arată că temperatura minimă necesară unei expansiuni complete este mai mare la motorul cu o treaptă decît la motorul cu două trepte. Ținînd seama și de ecuația (27) se poate scrie :

Lucrul mecanic la motorul cu o treaptă :

$$L_2 = \frac{n}{n-1} RT_1 \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{\frac{n-1}{n}}}\right) =$$

$$= \frac{n}{n-1} RT_1 \left(1 - \frac{1}{\varepsilon'^{2\frac{n-1}{n}}}\right) \text{ kgf.m/kgf.}$$

Lucrul mecanic la motorul cu două trepte :

$$L_3 = \frac{2n}{n-1} RT_1'' \left(1 - \frac{1}{\varepsilon'^{\frac{n-1}{n}}}\right) \text{ kgf.m/kgf}$$

sau notînd

$$\frac{1}{\varepsilon^{\frac{n-1}{n}}} = C_1, \qquad \frac{1}{\varepsilon'^{\frac{n-1}{n}}} = C_1',$$

rezultă :

$$C_1 = C_1'^2$$

$$T_1 = \frac{T_1''}{C_1'} = \frac{T_1''}{\sqrt{C_1}} = \frac{263}{C_1'^2} \text{ °K}$$

$$L_2 = \frac{n}{n-1} RT_1 (1 - C_1) = \frac{n}{n-1} RT_1 (1 - C_1'^2) =$$

$$= C_2 T_1 (1 - C_1'^2) \text{ kgf.m/kgf} \qquad (6\,c)$$

$$L_3 = \frac{2n}{n-1} RT_1'' (1 - C_1') =$$

$$2 C_2 T_1'' (1 - C_1') \text{ kgf.m/kgf.} \qquad (32)$$

Surplusul absolut de lucru mecanic dat de motorul cu o treaptă față de cel cu două trepte este :

$$\Delta L_3 = L_2 - L_3 = C_2(1 - C_1') [T_1 (1 + C_1') - 2 T_1''] \text{ kgf.m/kgf.} \qquad (33)$$

Surplusul relativ de lucru mecanic este :

$$\lambda_3 = \frac{\Delta L_3}{L_3'} = \frac{T_1 (1 + C_1') - 2T_1''}{2T_1''} = \frac{1 - C_1'}{2C_1'}. \qquad (34)$$

Deoarece $C_1' < 1$, rezultă că $\lambda_3 > 0$; adică, *în cazul încălzirilor minime necesare* (T_1, respectiv T_1'') *motorul cu o treaptă produce mai mult lucru mecanic decît motorul cu două trepte.* Explicația este că $T_1 > T_1''$. Surplusul de lucru mecanic este reprezentat în figura 6 de aria $A_1 - B_1 - B_2' - A_2'$.

Cantitățile de căldură consumate pentru încălzire vor fi :

la motorul cu o treaptă

$$q_2 = c_p (T_1 - 293) \text{ kcal/kgf} \qquad (15)$$

la motorul cu două trepte :

$$q_3 = c_p (T_1'' - 293) + c_p (T_1'' - 263) =$$

$$= c_p (2T_1'' - 293 - 263) \text{ kcal/kgf} \qquad (35)$$

sau

$$q_2 = c_p (263 \cdot \varepsilon'^{\frac{2(n-1)}{n}} - 293) \text{ kcal/kgf}$$

$$q_3 = c_p (2 \cdot 263 \cdot \varepsilon'^{\frac{n-1}{n}} - 293 - 263) \text{ kcal/kgf.}$$

Surplusul de căldură consumat de motorul cu o treaptă este :

$$\Delta q_3 = q_2 - q_3 = c_p (263 \cdot \varepsilon'^{\frac{2(n-1)}{n}} - 2 \cdot 263 \cdot \varepsilon'^{\frac{n-1}{n}} + 263) = 263\, c_p (\varepsilon'^{\frac{n-1}{n}} - 1)^2 = 263\, c_p \left(\frac{1 - C_1'}{C_1'}\right)^2$$

kcal/kgf (36)

Deoarece $1 - C' > 0$, rezultă că în condițiile variantei 1 $\Delta q_3 > 0$, adică motorul cu o treaptă consumă mai multă căldură pentru încălzirea aerului, decît motorul cu două trepte.

V a r i a n t a 2. Aerul este supraîncălzit peste temperatura T_1''.

a) *Condiții tehnice*

În cele de față se înțelege prin aer supraîncălzit aerul la o temperatură $T_1' > 263 \cdot \varepsilon'^{\frac{n-1}{n}}$.

Motorul va avea două trepte de expansiune și va lucra conform ecuației (27). El va primi în ambele trepte aer la aceeași temperatură T_1' ; temperaturile la evacuarea din cilindri T_2' vor fi egale, dar mai mari decît 263°K.

Dacă se notează punctele inițiale pentru cele două trepte cu E_1 (T_1', P_1) și F_2' (T_1', P_2'), iar punctele finale respectiv cu E_2' (T_2', P_2') și F_2 (T_2', P_2), procesul se va desfășura astfel : aerul (încălzit de la 293°K la T_1', de-a lungul izobarei $M - E_1$) expandează în prima treaptă — după politropa $E_1 - E_2'$; după aceea este reîncălzit la presiune constantă P_2' după $E_2' - F_2'$, pînă la T_1', după care urmează expansiunea în a doua treaptă de-a lungul politropei $F_2' - F_2$. Lucrul mecanic obținut este reprezentat de aria $D - E_1 - E_2' - F_2' - F_2 - f_2 - d$ (în care D este intersecția izotermei T_2' cu izobara P_1) (fig. 6).

Un astfel de motor reclamă un încălzitor de aer cu două circuite, la fel ca în varianta 1, pe care, deci, aerul comprimat îl parcurge de două ori, odată sub presiunea p_1 și apoi după ce este evacuat din prima treaptă cu presiunea p'_2, va intra din nou în încălzitor prin al doilea circuit la presiunea p'_2.

Temperaturile inițiale la cele două trepte vor fi identice T'_1 așa că ecuațiile (27), (30), (31) și (31 a) se aplică și în acest caz.

b) *Considerații energetice*

În cele ce urmează se va face o comparație între acest motor și motorul cu o treaptă de expansiune (alimentat cu aer la aceeași presiune p_1, însă la temperatura $T_1 = 263 \cdot \varepsilon^{\frac{n-1}{n}} = \frac{263}{C_1}$).

Lucrul mecanic produs de motorul în două trepte va fi în acest caz:

$$L'_3 = 2\frac{n}{n-1} RT'_1 \left(1 - \frac{1}{\varepsilon'^{\frac{n-1}{n}}}\right) = 2\,C_2\,T'_1(1 - C'_1). \quad (32\,a)$$

Surplusul de lucru mecanic față de motorul cu o singură treaptă va fi:

$$\Delta L'_3 = L'_3 - L_2 = C_2\,[2T'_1(1 - C'_1) - T_1(1 - C_1)] \quad (37)$$

sau

$$\Delta L'_3 = C_2\left[2T'_1(1 - C'_1) - \frac{263\cdot(1 - C'^2_1)}{C'^2_1}\right] \quad (37\,a)$$

Pentru ca $\Delta L'_3$ să fie pozitiv este necesar ca

$$2T'_1 > \frac{263\,(1 + C'_1)}{C'^2_1}$$

sau

$$T'_1 > \frac{263\,(1 + C'_1)}{2\,C'^2_1} = \frac{\frac{263}{C'^2_1} + \frac{263}{C'_1}}{2} \quad (38)$$

ori

$$T_1 = \frac{263}{C'^2_1} \quad \text{și} \quad T''_1 = \frac{263}{C'_1}.$$

Rezultă:

$$T'_1 > \frac{T_1 + T''_1}{2}. \quad (38\,a)$$

Adică, pentru ca motorul cu expansiune completă în două trepte cu aer supraîncălzit și reîncălzit să producă o cantitate de lucru mecanic mai mare decît motorul cu expansiune completă în o treaptă, este necesar ca aerul pentru motorul în două trepte să fie încălzit la o temperatură T'_1 mai mare decît semisuma temperaturilor T_1 și T'_1 (adică cele minime pentru expansiunile complete în o treaptă și respectiv în două trepte).

O b s e r v a ț i a 3. În cazul particular $T'_1 = T_1 = 263 \cdot \varepsilon^{\frac{n-1}{n}} = 263 \cdot \varepsilon'^{2\frac{n-1}{1}}$ rezultă:

$$\Delta L_3^+ = 263 \cdot C_2\,(\varepsilon'^{2\frac{n-1}{n}} - 2\varepsilon'^{\frac{n-1}{n}} + 1) = C_2 \cdot T_1(1 - C'_1)^2 > 0. \quad (39)$$

Ecuația (39) arată că la aceeași temperatură de încălzire $T_1 = \frac{263}{C'^2_1}$ motorul în două trepte produce o cantitate de lucru mecanic mai mare decît motorul cu o treaptă.

Surplusul relativ de lucru mecanic va fi

$$\lambda_3^+ = \frac{\Delta L_3^+}{L_2} = \frac{C_2 \cdot T_1(1 - C'_1)^2}{C_2 \cdot T_1(1 - C'^2_1)} = \frac{1 - C'_1}{1 + C'_1}. \quad (40)$$

La același n λ_3^+ crește cînd ε (respectiv p_1) se mărește.

Cantitatea de căldură consumată teoretic de motorul cu două trepte în plus peste cea consumată de motorul cu o treaptă de expansiune:

$$\Delta q'_3 = c_p\,(T'_1 - 293) + c_p\,(T'_1 - T'_2) - c_p\,(T_1 - 293) = c_p\,(2T'_1 - T'_2 - T_1) \quad (41)$$

Randamentul energetic al căldurii consumate suplimentar de motorul în două trepte este:

$$\Psi'_3 = \frac{A \cdot \Delta L'_3 \cdot \eta_m}{1{,}25 \cdot \Delta q'_3} = \frac{A\;C_2 \cdot [2T'_1(1 - C'_1) - T_1(1 - C'^2_1)]}{1{,}25\,c_p\,(2T'_1 - T'_2 - T_1)}\,\eta_m \quad (42)$$

sau ținînd seama de înlocuirile anterioare:

$$\Psi'_3 = 0{,}228\,\frac{n}{n-1} \cdot \frac{(1 - C'_1)\,[2T'_1 - T_1(1 + C'_1)]}{2T'_1 - T'_2 - T_1}\,\eta_m \quad (43)$$

sau

$$\Psi'_3 = 0{,}228\,\frac{n}{n-1}\,(1 - C'_1) \cdot \frac{\left(2T'_1 - T_1 - \frac{263}{C'_1}\right)}{2T'_1 - T_1 - T'_2}\,\eta_m \quad (43\,a)$$

Dacă $T'_1 > T_1$ rezultă că $T'_2 > \frac{263}{C'_1}$, adică numitorul fracției ecuației (43 a) este mai mic decît numărătorul ei și deci Ψ_3 crește cu atît mai mult, cu cît T'_1 este mai mare față de T_1.

Făcînd o aplicație pentru $T'_1 = 300\,^\circ\text{C}$, $p_1 = 8$ kgf/cm², $p_2 = 1{,}1$ kgf/cm², $\varepsilon' = \sqrt{\varepsilon} = \sqrt{\frac{8}{1{,}1}}$ și $n = 1{,}3$ se poate scrie:

$L_{1\,293} = 7\,400$ kgf.m/kgf

$L'_{2\,573} = 26\,500$ kgf.m/kgf

$L'_{3\,573} = 29\,900$ kgf.m/kgf

$q_{1\,293} = 360$ kcal/kgf

$$q'_{2\,573} = \left(360 + \frac{67,5}{0,8}\right) \text{ kcal/kgf}$$

$$q'_{3\,573} = 360 + \frac{0,241}{0,8}\left(573 - 293 + \right.$$

$$\left. + 573 - 573 \cdot \frac{1}{\left(\sqrt{\frac{8}{1,1}}\right)^{\frac{1,3-1}{1,3}}}\right) = \left(360 + \frac{95,5}{0,8}\right) =$$

$$= 480 \text{ kcal/kgf.}$$

Surplusul de lucru mecanic obținut față de motorul cu expansiune într-o treaptă, care folosește aer comprimat cu aceleași caracteristici va fi:

$$\Delta L'_3 = 29\,900 - 26\,500 = 3\,400 \text{ kgf.m/kgf.}$$

Randamentul energetic total al motorului cu două trepte și reîncălzire între trepte, va fi, pentru exemplul luat:

$$\eta'_{3\,573} = \frac{29\,900 \cdot \eta_m}{(360 + 1,25 \cdot 95,5) \cdot 427} = \frac{29\,900 \cdot \eta_m}{480 \cdot 427} =$$

$$= 0,146 \cdot \eta_m \, (14,6\%)$$

$\eta'_{3\,573} \sim \eta'_{2\,573}$, adică la aceeași temperatură inițială de 300°K, motorul în două trepte și încălzire între trepte oferă un randament energetic total de același ordin de mărime ca motorul cu o singură treaptă.

Randamentul energetic al încălzirii în raport cu motorul fără expansiune cu aer rece este la motorul cu două trepte:

$$\Psi'_{4\,573} = \frac{(29\,900 - 7\,400) \cdot \eta_m}{1,25 \cdot 95,5 \cdot 427} = \frac{22\,599 \cdot \eta_m}{120 \cdot 427} =$$

$$= 0,439 \cdot \eta_m \quad (44\%)$$

c) *Considerații economice*

Deoarece încălzirea și reîncălzirea aerului comprimat reclamă numai o mică suplimentare a consumului de căldură (480 — 444,3 = 36 kcal/kgf) față de motorul cu o singură treaptă, se poate admite că surplusul volumetric de aer revine la același preț de cost, ca la punctul *II*.

Așadar prețurile de cost, pentru 10^6 kgf.m vor fi:

$C_{1\,293} = 6,89$ lei/M kgf.m — la motoarele actuale cu aer rece.

$C_{2\,573} = 2,00$ lei/M kgf.m — la motoarele cu expansiune într-o treaptă cu aer cald.

$C_{3\,573} = \frac{0,053}{29\,900} \cdot 10^6 = 1,77$ lei/M kgf.m — la motoarele cu expansiunea în două trepte cu aer cald.

Rezultă că motorul în varianta 2 prezintă cel mai mic preț de cost pentru 10^6 kgf.m.

Avantajele cele mai importante ale motoarelor pneumatice în două trepte și încălzire între trepte

Recapitulînd, se pot enumera mai jos avantajele motoarelor pneumatice cu două trepte și încălzire între trepte:

— realizează o mărire a energiei aerului comprimat prin încălzirea sa repetată;

— permite folosirea completă a presiunii aerului;

— randamentul total energetic este cel mai mare față de celelalte motoare pneumatice posibile (fără expansiune sau cu expansiune cu o treaptă) în aceleași condiții de presiune și temperatură inițială;

— repartizează expansiunea pe două trepte și ca urmare la aceasta, cursa de expansiune se reduce la jumătate din cea a motorului cu o treaptă și prin aceasta permite un număr mare de curse;

— prezintă două suprafețe de pistoane pentru lucru (avînd două trepte) și prin aceasta face posibilă transmiterea unei forțe mari asupra tijei pistonului, ceea ce este de mare importanță pentru ciocanele de forjat; prin aceasta puterea mașinii crește, iar numărul de lovituri necesare forjării se reduce, temperatura metalului la sfîrșitul forjării rămîne ridicată și ca atare productivitatea forjelor se mărește, iar consumul de matrițe se reduce;

— instalațiile actuale de compresoare ajung pentru consumuri de energie pneumatică de 4 ori mai mari, astfel că în viitorul apropiat sînt posibile extinderi mari de activitate, fără noi investiții de compresoare.

Concluzii generale

În lucrarea de față se prezintă un studiu teoretic asupra eficacității tehnice și economice ce rezultă, pentru motoarele pneumatice cu piston (fără sau cu expansiune), dacă acestea folosesc aer comprimat încălzit. Eficacitatea se mărește cu creșterea temperaturii de încălzire, care poate urca pînă la 300°C, atît cît pot suporta uleiurile de cilindru obișnuite.

Surplusurile de lucru mecanic obținute de la aceeași masă de aer comprimat încălzit, spre exemplu, la 300°C, ating cca. 100% la motoarele fără expansiune și cca. 300% la motoarele cu dublă expansiune, față de cantitatea de lucru mecanic furnizat de actualele motoare fără expansiune, care lucrează cu aer la temperatura mediului ambiant (20°C).

Randamentele energetice totale sînt 4,8% pentru motorul fără expansiune cu aer rece, 7,6% pentru același motor însă folosind aer încălzit la 300°C, 14% pentru motorul cu expansiune completă într-o treaptă și aer la 300°C și 14,6% pentru motorul cu expansiune completă în două trepte cu reîncălzire între trepte tot la 300°C.

Randamentele energetice socotite numai la căldura consumată pentru încălzire și surplusul de lucru mecanic obținut prin aceasta sînt: 19,7% pentru motorul fără expansiune; 53,6% pentru motorul cu expansiune completă într-o treaptă și 44,1% pentru motorul cu expansiune completă în două trepte.

Considerat în ansamblu, motorul pneumatic în două trepte și reîncălzire între trepte prezintă, între altele, avantajele unei mari eficacități energetice și al unei curse mici de expansiune, respectiv livrează o putere mare și cantitatea maximă de energie la prețul cel mai avantajos. Dacă se consideră costul energiei furnizate de motorul actual (cu aer rece și fără expansiune) egal cu unitatea, același motor lucrînd cu aer cald la 300°C livrează energie la jumătate preț de cost, iar cel în două trepte la un sfert din cel al motorului actual.

Ținînd seama că în R.P.R. s-a realizat deja un încălzitor de aer comprimat, care creează un surplus volumetric de aer comprimat la cca. 0,002 lei/m³ * și că o astfel de instalație se poate construi la noi în țară la un cost de cca. 50 000 lei*, apare posibilă imediat introducerea aerului comprimat încălzit la actualele motoare care lucrează fără expansiune, creîndu-se astfel o posibilitate de a alimenta cu energie pneumatică un număr dublu de consumatori, cu aceleași compresoare ca azi. În faza următoare, se vor fabrica și motoare cu dublă expansiune și atunci numărul consumatorilor se poate mări de patru ori față de cel actual cu aceleași compresoare.

Desigur că din aplicarea concluziilor studiului de față va rezulta și reconsiderarea problemei ciocanelor de forjat cu abur, care urmează a fi înlocuite cu utilaje pneumatice.

Exemplificare pentru o uzină metalurgică cu un consum de aer comprimat de 200 m³N/min la 8 ata încălzit la 300°C

La o funcționare anuală de 7 200 ore, rezultă consumul anual: $V_{an} = 200 \times 60 \times 7\,200 = 86\,400\,000\ m^3\ N/an \sim 90.10^6$ **kgf/an.**

1. *Cazul motoarelor actuale fără expansiune*

Costul aerului care se ridică la:

$$M_{1_{an}} = 90 \cdot 10^6 \times 0{,}051 = 4\,590\,000 \text{ lei/an.}^*$$

Costul încălzirii este:

$$I_{1_{an}} = 90 \cdot 10^6 \times 0{,}002 = 180\,000 \text{ lei/an.}^*$$

Costul total al aerului încălzit:

$$X_{1_{an}} = M_{1_{an}} + I_{1_{an}} = 4\,770\,000 \text{ lei/an.}^*$$

Energia obținută de la aerul rece, este teoretic:

$$E_{1_{293}} = \frac{90 \cdot 10^6 \times 7400}{10^6} = 666 \cdot 10^3 \text{ M kgf.m/an.}$$

Energia obținută de la aerul cald, cu actualele utilaje, este teoretic:

$$E_{1_{573}} = \frac{90 \cdot 10^6 \cdot 14\,450}{10^6} = 1\,300 \cdot 10^3 \text{ Mkgf. m/an.}$$

* Costurile sînt exprimate orientativ.

Surplusul de energie obținut prin încălzire este:

$$\Delta E_1 = 634 \cdot 10^3 \text{ M kgf.m/an.}$$

Economii realizate prin încălzire:

$$D_1 = (6{,}89 - 3{,}67) \cdot 1\,300 \cdot 10^3 = 4\,186\,000 \text{ lei/an.}$$

Cheltuieli de investiție cu 10 încălzitoare:

$$F_1 = 10 \times 50\,000 = 500\,000 \text{ lei.}$$

2. *Cazul motoarelor cu expansiune într-o treaptă*:

Energie obținută:

$$E_{2_{573}} = \frac{90 \cdot 10^6 \cdot 26\,500}{10^6} = 2\,385 \cdot 10^3 \text{ M kgf.m/an.}$$

Surplusul de energie față de motoarele cu aer rece:

$$\Delta E_2 = (2\,385 - 666) \cdot 10^3 = 1\,619 \cdot 10^3 \text{ M kgf.m/an.}$$

Economii realizate:

$$D_2 = (6{,}89 - 2{,}00) \cdot 2\,385 \cdot 10^3 = 11\,662\,650 \text{ lei/an.}$$

Cheltuieli de investiție aceleași ca sub 1:

$$F_2 = F_1 = 500\,000 \text{ lei}$$

3. *Cazul motoarelor cu expansiune în două trepte*:

Energie obținută:

$$E_{3_{573}} = \frac{90 \cdot 10^6 \cdot 29\,900}{10^6} = 2\,691 \cdot 10^3 \text{ M kgf.m/an.}$$

Surplusul de energie față de motoarele cu aer rece:

$$\Delta E_3 = (2\,691 - 666) \cdot 10^3 = 2\,025 \cdot 10^3 \text{ M kgf.m/an.}$$

Economii realizate:

$$D_3 = (6{,}89 - 1{,}77) \cdot 2\,691 \cdot 10^3 = 13\,777\,920 \text{ lei/an.}$$

Cheltuielile de investiție sînt ceva mai mari decît în cazurile 1 și 2, deoarece pentru motoarele cu expasiune în două trepte, sînt necesare încălzitoare cu două circuite, al căror cost îl apreciem la:

$$F_3 = 10 \times 60\,000 \text{ lei} = 600\,000 \text{ lei.}$$

Bibliografie

[1] Pampus E.: *Pressluftbetrieb in Hammerwerken*, Stahl u. Eisen 70/1950, nr. 7/30, III, 950, pag. 268—270.

[2] Wellensiek G.: *Presslufterhitzung durch Gasvermischung bei Schmiedehämmern*, Werkstattstechnik und Maschinenbau 44 (1954), pag. 527—528.

[3] Lange K.: *Durch Druckluft angetriebene Oberdruckhämmer zum Gesenkschmieden*, Werkstattstechnik und Maschinenbau, 45 (1955), pag. 297—304.

[4] Wellensiek G.: *Grundlagen der Druckluferhitzung für Oberdruckhämmer*, Werkstattstechnik und Maschinenbau, 45 (1955), pag. 304—305.

[5] Schulte K. H. — *Noelle — Diskussionsbeitrag* — Werkstattstechnik und Maschinenbau, 45 (1955), pag. 305—306.

[6] Evans, F. C.: *Metaltratment and Drop-Forging* Febr. 1956.

[7] Ilicev A. C.: *Instalații pneumatice miniere*, Ed. Tehnică 1951.

[8] Niculescu Isaiia: *Avantajele încălzirii aerului comprimat înainte de utilizare*, Metalurgia și Construcția de Mașini, nr. 6 (1956), pag. 26—35.

[9] Niculescu Isaiia: *Construcția și folosirea instalației tip I. N. pentru încălzirea aerului comprimat* (Experiența Uzinei 23 August, București), I.D.T. — 1959.

[10] Niculescu Isaiia: *Theoretische Grundlagen der Druckluftmaschinen bei Vorwärmung der Betriebsluft*, Energie 11 (1959), nr. 10, pag. 453—457, München.

[11] Niculescu Isaiia: *Condițiile de funcționare cu aer comprimat cald a motoarelor pneumatice* (*Motorul pneumatic cu două trepte de expansiune*), 14 pag., 6 fig. Comunicare ținută la Inst. de Energetică al Academiei R.P.R. la 19 sept. 1960.

Considerarea investițiilor din centrale în calculul eficacității compensării puterii reactive

Ing. *ECATERINA ARIE*

Pentru reducerea pierderilor de energie provocate de circulația de putere reactivă în rețelele electrice, se utilizează în toate țările, pe scară largă, producerea puterii reactive în surse locale: condensatoare, motoare sincrone, compensatoare sincrone. Pierderile de energie în rețele scad însă rapid, pe măsură ce se compensează consumatorii de putere reactivă cei mai depărtați de sursă. Pe de altă parte, producerea puterii reactive este cu atît mai ieftină cu cît are loc în mod mai concentrat: costul unui kVAr instalat în condensatoare de joasă tensiune este mai ridicat decît costul unui kVAr instalat în condensatoare de medie tensiune și acesta din urmă mai ridicat decît prețul pro kVAr al compensatoarelor sincrone; în sfîrșit, producerea puterii reactive în generatoare sincrone de mare putere are costul cel mai scăzut (tabela 1). Din această cauză gradul de descen-

Tabela 1

Valori relative ale investițiilor specifice pentru surse de putere reactivă

(Raportate la investiția necesară pro kVar produs în generatoare sincrone)

Generatoare sincrone	Compensatoare sincrone	Compensatoare statice 6 kV	Condensatoare statice 0,4 kV
1	6	8	11

tralizare a surselor de putere reactivă ce se instalează în rețea se alege în funcție de eficacitatea economică a investițiilor necesare [1, 2, 3]. În conformitate cu instrucțiunile pentru determinarea eficacității compensării puterii reactive [1], instalarea unei surse locale de putere reactivă este eficace, dacă suma cheltuielilor de investiție necesare pentru instalarea ei I_c poate fi recuperată prin economiile anuale, într-un număr de ani T (termen de recuperare a investițiilor) mai mic decît un anumit număr de ani T_n (termen normat de recuperare), fixat prin normele de calcul al eficacității investițiilor. Pentru calculul termenului de recuperare se folosește expresia (1):

$$T = \frac{I_c}{\beta\gamma\,(\Delta\pi_v - \pi_c) + \alpha\,(\Delta\pi_{med} - \pi_c)\,\tau} \qquad (1)$$

unde:

β — coeficient de amortizare al instalației energetice;

γ — prețul mediu al unui kW instalat prin amplificarea unei centrale existente;

$\Delta\pi_v$ — reducerea de pierderi realizată prin instalația proiectată în momentul sarcinii active maxime;

$\Delta\pi_{med}$ — reducerea medie anuală de pierderi de putere activă, datorită compensării puterii reactive;

α — partea din prețul de cost al unui kWh la centrală, care este funcție de energia produsă;

τ — numărul de ore de funcționare a instalației de compensare;

π_c — pierderile de putere activă în instalația de compensare.

Astfel, calculul eficacității compensării puterii reactive se face determinînd pentru fiecare consumator în parte care este mărimea instalației de compensare, pentru care termenul de recuperare este mai mic decît cel normat. Reducerea pierderilor ce poate fi realizată cu ajutorul instalației proiectate se determină folosind coeficienții K_{ev}, $K_{e\,med}$ și A corespunzători punctului de racordare la rețea al consumatorului dat:

$$\Delta\pi_v = K_{ev}\ \Delta Q - A\,(\Delta Q)^2$$

$$\Delta\pi_{med} = K_{emed}\,\Delta Q - A\,(\Delta Q)^2$$

unde ΔQ este reducerea consumului de putere reactivă, datorită instalației de compensare proiectată. Coeficienții K_{ev}, $K_{e\,med}$ și A se calculează de către întreprinderile ce exploatează rețelele electrice, pentru punctele de racordare a marilor consumatori [1] în funcție de configurația rețelei și de circulația puterii reactive, corespunzînd diferitelor regimuri. În metoda expusă mai sus, în valoarea totală a investițiilor (numărătorul fracției din formula 1) nu au fost incluse investițiile suplimentare necesare în centrale pentru acoperirea pierderilor de putere activă legate de circulația puterii reactive, și nici investițiile necesare pentru producerea puterii reactive necompensate. Primele au fost considerate numai la calculul unei componente a cheltuielilor anuale — cheltuielile de amortizare.

Introducerea în calculul eficacității compensării puterii reactive a acestor investiții suplimentare corespunde punctului de vedere cuprins în recomandările conferinței unionale tehnico-științifice referitoare la problemele determinării

eficacității economice a investițiilor capitale și a tehnicii noi în economia națională a U.R.S.S. [4]; într-adevăr, în orice problemă referitoare la măsuri tehnice destinate reducerii pierderilor de energie în rețele, investițiile suplimentare necesare pentru acoperirea pierderilor de putere activă în timpul vîrfului de sarcină, reprezintă investiții influențate de soluția adoptată pentru compensare. Or, conform recomandărilor, la calculul eficacității unor măsuri de raționalizare preconizate trebuie să se țină seama și de investițiile conexe. Importanța lor nu poate fi neglijată, deoarece chiar dacă este vorba numai de eliberarea unei puteri active instalate în centralele electrice existente, aceasta poate fie să creeze posibilități de alimentare a unor noi consumatori, fie să permită amînarea instalării unor noi agregate, fie să mărească rezerva disponibilă în centrale pentru a face față eventualelor avarii sau pentru îmbunătățirea condițiilor de exploatare. Cheltuielile ce se economisesc în acest fel au de aceea realmente caracterul unor cheltuieli de investiții economisite. Menționăm că în cazul exemplului de calcul studiat în prezenta lucrare, diferența dintre puterea instalată în întregul sistem în cazul compensării nule și cea corespunzătoare gradului optim de compensare este de 4,4% din puterea maximă activă cerută de sistem.

În cazul refacerii instrucțiunilor pentru calculul eficacității compensării puterii reactive, este necesar ca formula (1) să fie corectată pentru a se ține seama de investițiile necesare în centrale pentru producerea puterii active corespunzătoare pierderilor și pentru producerea puterii reactive necompensate; pe de altă parte, în formula (1) au fost omise cheltuielile anuale de întreținere și de amortizare a investițiilor aferente instalației de compensare. De asemenea ar fi util ca formula termenului de recuperare a investițiilor să fie înlocuită (sau completată) cu formula cheltuielilor teoretice, deoarece cheltuielile teoretice reprezintă un indice al eficacității economice a investițiilor, echivalent cu termenul de recuperare a investițiilor suplimentare, însă mai adecvat comparării unui număr mai mare de variante. Conform literaturii [4, 6], expresia generală a celor doi indici ai eficacității economice a investițiilor este:

$$T = -\frac{\Delta I}{\Delta C} \quad . \qquad (2)$$

$$Z = C + p_n \Sigma I_k$$

unde:

T — termenul de recuperare a investițiilor suplimentare;

Z — cheltuielile teoretice anuale;

C — cheltuielile anuale;

$I = \Sigma I_k$ — suma investițiilor necesare realizării obiectului a cărui eficacitate economică se studiază și a investițiilor conexe legate de realizarea acestui obiect;

ΔC — diferența cheltuielilor anuale, în două variante;

ΔI — diferența investițiilor totale, în două variante.

$p_n = \frac{1}{T_n}$ — „coeficientul normat de eficacitate economică".

În cazul comparării a două variante, varianta pentru care investițiile sînt mai mari este mai eficace dacă termenul de recuperare este mai mic decît termenul normat de recuperare T_n. În cazul comparării mai multor variante, varianta cea mai avantajoasă este aceea pentru care cheltuielile teoretice sînt minime.

În studiul eficacității compensării puterii reactive, se compară în general mai multe variante, corespunzătoare diferitelor grade de compensare ale unui consumator, diferitelor puteri ale instalațiilor de compensare din rețeaua de medie tensiune, diferitelor valori ale factorului de putere al unui generator, etc.; din această cauză, cheltuielile teoretice Z constituie un indice de eficacitate a investițiilor, mai adecvat decît termenul de recuperare.

În privința prețurilor utilizate pentru calculul indicilor de eficacitate economică, considerarea că pierderilor legate de circulația puterii reactive le corespund numai investițiile legate de amplificarea centralelor existente pare mai depărtată de realitate decît aceea de a le asocia investițiile specifice medii în sistem, necesare pentru acoperirea unei puteri de 1 kW, la ora de vîrf, în punctul de racordare al consumatorului (a instalației de compensare) i_a. Aceasta deoarece eventuala amplificare a centralelor existente este dictată de considerente tehnico-economice în care mărimea pierderilor din rețea are un rol secundar. Acest punct de vedere va trebui examinat la refacerea instrucțiunilor [1].

Ca formă de desfășurare a calculelor, propunem două alternative de aplicare a expresiilor (2) la studiul eficacității economice a compensării puterii reactive:

a) Investițiile legate de acoperirea pierderilor de putere activă se adaugă la cheltuielile de investiții necesare pentru producerea puterii reactive, obținîndu-se cheltuielile totale de investiții suplimentare legate de producerea și transportul puterii reactive. În cele ce urmează vom numi această metodă „explicită"

$$C = C_r + E_r c_e \qquad (3)$$

$$I = I_c + I_s + I_r + I_e$$

unde :

C_r — cheltuielile anuale privind producerea puterii reactive, incluzînd cheltuielile de întreținere și de amortizare a investițiilor pentru instalațiile de compensare și cheltuielile pentru pierderile de putere activă în aceste instalații ;

E_r — energia anuală corespunzătoare pierderilor în sistem datorite circulației de putere reactivă ;

c_e — prețul de cost al energiei pentru 1 kW oră predată la bornele consumatorului ;

I_c — cheltuielile de investiții aferente instalării bateriilor de condensatoare ;

I_s — cheltuielile de investiție aferente instalării compensatoarelor sincrone ;

I_e — cheltuielile de investiție necesare producerii în centralele electrice a puterii reactive necompensate.

b) În cheltuielile de investiții se includ numai cele legate de producerea puterii reactive, în schimb cheltuielile anuale legate de pierderile de energie se determină luînd prețul unui kWh egal cu „cheltuiala teoretică pentru μ kWh" — z_e [6]. Vom denumi această metodă, în care, deși se ține seama de investițiile suplimentare din centrale pentru acoperirea pierderilor active, acestea nu apar în mod explicit, „metodă implicită". Această ultimă metodă corespunde principiilor metodologice de bază ale calculelor tehnico-economice în domeniul energeticii, aplicate în U.R.S.S. [6].

$$C' = C_r + E_r z_e ; \; z_e = c_e + \frac{k_m k_r}{T_{max}} p_n i_a$$

$$I' = I_c + I_s + I_r \qquad (4)$$

unde :

C', I' — valorile cheltuielilor anuale și ale investițiilor în metoda implicită ;

z_e — cheltuiala teoretică pentru un kwh la bornele consumatorului ;

k_m — coecifient ce ține seama de gradul de participare a consumatorilor la solicitarea maximă a sistemului ;

k_r — coeficient ce ține seama de puterea de rezervă necesară în sistem ;

T_{max} — durata de utilizare a puterii maxime.

Se observă că dacă din curba de variație a puterii reactive se deduce un grafic de variație a pierderilor datorite circulației puterii reactive (fig. 1) și din acesta din urmă se deduc coeficienții k_m și T_{max} :

$$k_m = \frac{\pi_v}{\pi_{max}} ; \quad T_{max} = \frac{\int \pi dt}{\pi_{max}} = \frac{E_r}{\pi_{max}}$$

rezultă egalitatea

$$\frac{E_r}{T_{max}} k_m k_r i_a = I_a$$

Astfel încît expresiile

$$Z = C + p_n I \quad \text{și} \quad Z' = C' + p_n I'$$

obținute prin aplicarea celor două metode de calcul al cheltuielilor teoretice (2) sînt identice.

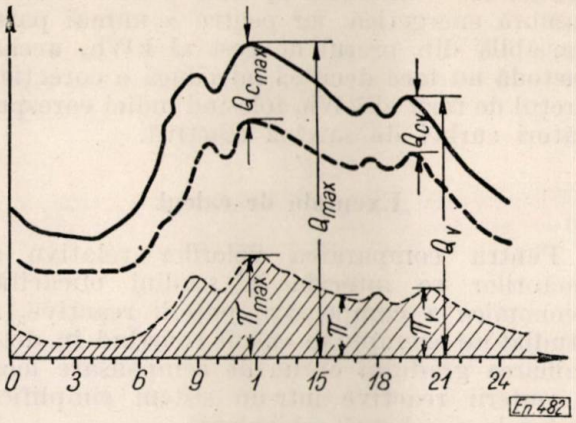


Fig. 1. Curba de sarcină a puterii reactive și graficul de variație a pierderilor datorită circulației de putere reactivă :
—— — sarcina totală ;
- - - - — sarcina necompensată ;
..... — variația pierderilor.

Dacă pentru z_e se folosește o valoare uzuală, calculată cu valori medii ale coeficienților k_m și T_{max} expresiile pentru Z și Z' diferă puțin între ele, fără ca această diferență să fie esențială.

La calculul eficacității compensării locale a puterii reactive, în locul valorilor diferitelor componente ale cheltuielilor anuale și de investiție, se vor introduce variațiile acestor cheltuieli (ca mărimi algebrice) față de o variantă luată de referință (de exemplu situația compensării nule).

Deși metoda explicită și cea implicită conduc la aceeași soluție din punctul de vedere al termenului normat de recuperare a investițiilor, ele prezintă totuși deosebiri în privința posibilităților pe care le oferă în diferite aplicații practice. Aceste deosebiri rezultă din faptul că, în cazul metodei implicite, structura cheltuielilor anuale de calcul apare deformată : raportul dintre cheltuielile de investiții și cele anuale este diferit de cel real. Aceasta poate conduce la aprecieri eronate, oridecîte ori, din motive tehnice sau de alt ordin, proiectantul este obligat să aleagă o soluție diferită de cea corespunzătoare timpului normat de recuperare a investițiilor.

Un exemplu de calcul cuprins în prezenta lucrare ilustrează erorile ce pot apărea din această cauză. Același exemplu de calcul ilustrează de asemenea erorile ce apar dacă se neglijează investițiile ce se fac în sistem pentru acoperirea pierderilor și producerea centralizată

a puterii reactive; metoda de calcul în care se neglijează acești factori a fost denumită în lucrare „metodă simplificată"; soluția obținută prin această metodă este practic aceeași cu cea care rezultă dacă fiecare consumator în parte compensează puterea reactivă în conformitate cu instrucțiunile pentru determinarea eficacității compensării puterii reactive. În adevăr, folosind pentru β coeficientul de amortizare al instalațiilor energetice și nu coeficientul de eficacitate economică p_n unic pentru întreaga ramură energetică, iar pentru α numai partea variabilă din prețul de cost al kWh, această metodă nu face decît să introducă o corecție la prețul de tarif al kWh, folosind indici corespunzători curbei de sarcină reactivă.

Exemplu de calcul

Pentru compararea valorilor relative ale factorilor ce intervin în studiul eficacității economice a compensării puterii reactive, s-a studiat un exemplu de calcul constînd în determinarea gradului optim de compensare locală a puterii reactive într-un sistem simplificat, redus la o schemă echivalentă.

S-a presupus că reducînd consumatorii cu același „echivalent economic" $\frac{\partial \pi}{\partial Q}$, într-un consumator unic și dînd o secțiune corespunzătoare unui conductor echivalent, se obține o schemă echivalentă a sistemului, ca cea din fig. 2.

În această schemă, porțiunea L de secțiune constantă și sarcină repartizată nulă corespunde rețelei de transport și parțial rețelei de distribuție de medie tensiune. Porțiunea l corespunde restului rețelei de distribuție, presupusă cu

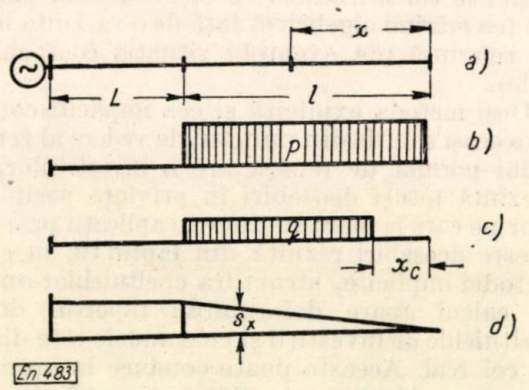


Fig. 2. Prezentarea schematică a ipotezelor de bază folosite în calcul :

a – schema electrică; *b* – repartiția sarcinii active; *c* – repartiția sarcinii reactive; *d* – variația secțiunii conductorului echivalent.

sarcină activă uniform repartizată. Secțiunea conductorului echivalent se presupune, independentă de gradul de compensare, variind invers proporțional cu componenta activă a curentului ce străbate conductorul. Compensarea sarcinii reactive se face începînd din punctul cel mai depărtat de sursă, acesta corespunzînd consumatorilor cu „echivalentul economic" $\frac{\partial \pi}{\partial Q}$ al sarcinii reactive maxim. Compensarea se consideră integrală pe porțiunea x_c, iar sarcina reactivă pentru porțiunea $l - x_c$ se consideră uniform repartizată. Echivalarea de mai sus a fost necesară pentru calculul variației pierderilor datorite circulației puterii reactive, în funcție de gradul de compensare. Într-un studiu concret, această variație poate fi urmărită ținînd seama de configurația și repartiția sarcinilor în rețeaua reală, de valorile discrete ale puterilor reactive ale instalațiilor de compensare, precum și de instalațiile de compensare care rezultă cele mai economice în funcție de puterile unitare ale agregatelor și de configurațiile rețelelor de utilizare; ordinea de compensare va fi tot cea corespunzătoare echivalentului economic al sarcinii reactive [3].

S-au admis următoarele ipoteze :

— secțiunea și lungimea conductorului echivalent sînt astfel alese încît să rezulte pierderi maxime datorite circulației de putere activă, egale cu 4% din puterea maximă activă pe porțiunea de secțiune constantă și 6% pe porțiunea de secțiune variabilă;

— s-au neglijat pierderile de energie datorite pierderilor de putere reactivă în rețea;

— pentru curba de sarcină a puterii reactive (fig. 1) s-au admis următorii indici :

$$\rho = \frac{Q_{max}}{P_{vîrf}} = 0{,}80$$

$$\nu = \frac{Q_{vîrf}}{Q_{max}} = 0{,}85$$

$$\tau = 5\,000$$

$P_{vîrf}$ — puterea activă la vîrful maxim;
Q_{max} — valoarea maximă a puterii reactive;
$Q_{vîrf}$ — valoarea puterii reactive la ora de vîrf maxim a puterii active;

— timpul de pierderi datorite circulației puterii reactive raportate la valoarea maximă a acestor pierderi. Compensarea puterii reactive a fost considerată că se face prin instalarea de condensatoare statice și s-a presupus că acestea se deconectează odată cu consumatorul individual corespunzător, astfel încît curba de sarcină a puterii reactive produse centralizat este proporțională cu cea a puterii reactive totale (fig. 1).

— Pierderile de putere activă în condensatoare s-au admis egale cu 0,0035 kW/kVAr.

— Timpul normat de recuperare a investițiilor suplimentare a fost admis de 8 ani :

$$T_n = 8 \text{ ani}; \quad p_n = 0{,}125.$$

— Pentru prețul unui kVAr produs în condensatoare statice, s-a luat o valoare medie între prețul instalațiilor de condensatoare de medie și de joasă tensiune, inclusiv construcțiile aferente.

— Pentru prețul unui kVAr produs în generatoare sincrone, s-a admis o valoare constantă, independentă de factorul de putere. Un calcul mai exact, deși este posibil [7], nu a fost considerat necesar, întrucît termenul respectiv nu influențează sensibil concluziile studiului.

— S-au admis următoarele valori relative ale prețurilor folosite în calcul:

$i_r = 1$ — (cheltuieli de investiție pentru producerea puterii reactive în generatoarele centralei, pro kVAr);

$i_c = 10$ — (cheltuieli de investiție pentru producerea puterii reactive în condensatoare statice, pro kVAr);

$i_e = 250$ — (cheltuieli de investiție în sistem pentru producerea și transportul puterii active, pro kW furnizat consumatorului);

$c_e = 0{,}0085$ — (prețul de cost al energiei, pro kWh furnizată consumatorului);

$z_e = 0{,}0130$ — (cheltuiala teoretică pentru un kWh furnizat consumatorului).

Pe baza ipotezelor de mai sus, s-a calculat cu fiecare din cele trei metode menționate variația, în funcție de gradul de descentralizare al producției de putere reactivă, a următorilor termeni:

C — cheltuielile anuale totale, legate de producerea și transportul puterii reactive;

I — cheltuielile totale de investiție, legate de producerea și transportul puterii reactive;

Z — cheltuielile totale de calcul legate de producerea și transportul puterii reactive;

T — timpul de recuperare a investițiilor suplimentare necesare pentru mărirea gradului de descentralizare al producției puterii reactive $\left(T = \frac{dI}{dC}\right)$.

Gradul de descentralizare al producției de putere reactivă a fost exprimat prin valoarea compensării relative Q_c^*, egal cu raportul dintre puterea reactivă instalată în instalația de compensare ($Q_{c\,max}$) și valoarea maximă a puterii reactive consumate în sistem (Q_{max}):

$$Q_c^* = \frac{Q_{c\,max}}{Q_{max}}$$

$Q_{c\,max}$ — puterea reactivă instalată în instalații de compensare.

Rezultatele calculelor efectuate au fost concretizate în graficele din fig. 3.

Din aceste grafice se desprind următoarele, în legătură cu exemplul studiat:

— Soluția optimă din punctul de vedere tehnico-economic — corespunzînd termenului normat de recuperare a investițiilor — este aceea în care din totalul puterii reactive necesare se instalează 70% în condensatoare.

— În jurul soluției optime, atît cheltuielile totale anuale (fig. 3, *a*) cît și cheltuelile totale de investiție (fig. 3, *b*) variază puțin.

— Metoda simplificată conduce la valori ale gradului optim de compensare, cu cca. 25% prea mici. De asemenea, această metodă nu reproduce modul real de variație a cheltuielilor de investiție și a timpului de recuperare a investițiilor suplimentare. În consecință nu se recomandă aplicarea acestei metode. Practic, aceasta înseamnă că în cazul verificării eficaci-

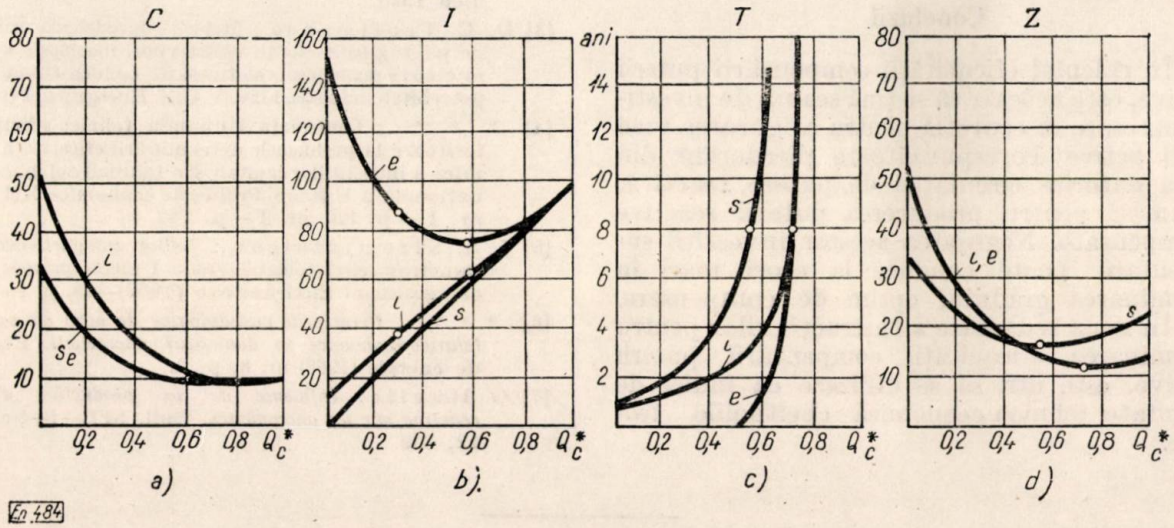


Fig. 3. Variația indicilor economici în funcție de gradul de compensare locală a puterii reactive calculată prin metoda explicită(*e*), implicită(*i*) sau simplificată(*s*).

tății compensării puterii reactive pentru diferiți consumatori, este necesar să se țină seama și de investițiile din sistem, fie prin metoda explicită, fie prin cea implicită.

— Metoda implicită conduce la aceleași valori ale gradului optim de compensare, ca și metoda explicită, precum și la aceeași curbă de variație a cheltuelilor anuale de calcul. Această metodă nu reproduce însă modul real de variație al cheltuelilor de investiție și a timpului de recuperare a investițiilor suplimentare după cum rezultă din figurile 3, *b* și 3, *c*.

Din această cauză, dacă se utilizează metoda implicită, orice raționamente privind efectul îndepărtării de soluția corespunzătoare termenului normat de recuperare a investițiilor — pe care o vom denumi optimă - trebuie făcute numai asupra cheltuelilor teoretice. Astfel, este posibil să se aleagă o altă soluție decît cea optimă, din cauza ritmului investițiilor realizabile în ramura energetică, sau din motive tehnice, cum ar fi necesitatea de a reduce gradul de compensare în legătură cu mărirea stabilității sistemului, sau mărirea în anumite puncte slabe ale rețelei a gradului de compensare, în vederea îmbunătățirii tensiunii. În aceste cazuri, diagrama variației cheltuelilor totale de calcul permite compararea diferitelor soluții tehnice din punctul de vedere al eficacității lor economice. Aprecieri asupra eventualelor influențe asupra variației investițiilor sau a timpului de recuperare a investițiilor suplimentare se pot face însă numai în cazul utilizării metodei explicite. Aplicarea necorespunzătoare a metodei implicite ar putea conduce de exemplu la concluzia eronată că prin reducerea gradului de compensare la jumătate se reduc și investițiile suplimentare cu 45% (fig. 3 *b*, curba *i*) pe cînd în realitate, investițiile cresc în acest caz (fig. 3, *b* — curba *e*).

Concluzii

— În calculul eficacității compensării puterii reactive, este necesar să se țină seama de investițiile necesare în centrală pentru asigurarea unei puteri active corespunzătoare pierderilor din sistem datorite circulației de putere reactivă, precum și pentru producerea puterii reactive necompensate. Neglijarea acestor investiții suplimentare poate conduce la erori mari în determinarea gradului optim de compensare.

— În noua redactare a Instrucțiunilor pentru determinarea eficacității compensării puterii reactive, este util să se utilizeze ca indice de eficacitate tehnico-economică cheltuelile teoretice.

— Introducerea în calcul a investițiilor suplimentare din centrale poate fi făcută în mod explicit, ceea ce are avantajul că pe lîngă determinarea corectă a soluției corespunzătoare termenului normat de recuperare a investițiilor suplimentare, permite și evaluarea corectă a variației investițiilor și a termenului de recuperare, în cazurile în care din motive economice sau tehnice, se alege o soluție diferită de cea corespunzătoare cheltuelilor totale anuale de calcul minime.

— Investițiile suplimentare din sistem pot fi introduse în calculul eficacității economice, în mod implicit, dacă se calculează cheltuelile anuale corespunzătoare pierderilor, utilizînd cheltuelile anuale de calcul pro kWh predată la consumator. Această metodă conduce la concluzii corecte, dacă este folosită pentru studiul cheltuelilor anuale de calcul; ea nu permite însă nici un fel de aprecieri asupra variației cheltuelilor de investiții sau a termenului de recuperare a investițiilor suplimentare.

— Pentru mărirea preciziei calculelor este indicat să se țină seama și de cheltuelile de amortizare și de întreținere ale instalațiilor de compensare a puterii reactive — omise în actualele instrucțiuni.

— Se recomandă să se prevadă calcularea cheltuelilor de investiție, cu prețul mediu al investițiilor i_a specifice din sistem, în locul prețului specific de amplificare a centralelor existente, prevăzut în actualele instrucțiuni.

Bibliografie

[1] Ministerul Energiei Electrice și Industriei Electrotehnice — Direcția Generală Tehnică: *Instrucțiunea* nr. 38—55. *Instrucțiuni pentru determinarea eficacității compensării puterii reactive* (aprobate cu ordinul nr. 301/1955). Ed. Energetică de stat — 1955.

[2] I. M. Markovici: *Sisteme energetice* (*Regimuri de funcționare*) Tradus din limba rusă. Editura Tehnică 1960.

[3] D. E. Trofimenco: Metodî opredelenia naivîgodneișci zagruzki stanții reaktivnoi mocinosti i economicinovo razmeșcenia staticeskih condensatorov mejdu potrebiteliami sistemî Izv. V.U.Z. Energetica, 2 (1959)9.

[4] * * *: Conferința Unională tehnico-științifică referitoare la problemele determinării eficacității economice a investițiilor capitale și a tehnicii noi în economia națională a U.R.S.S. Probleme economice XII (1959) nr. 1 — p. 120. nr. 2 — p. 112.

[5] I. A. Sîromiatnicov: Vîbor energheticeskih parametrov electrooborudovania i electroprivoda sicetli energosistemî Electricestovo (1959)—10, p. 1—9.

[6] * * *: *Principiile metodologice de bază ale calculelor tehnico-economice în domeniul energeticii.* Economia de energie (1960) nr. 8, p. 2.

[7] G. Ruelle: *Influence de la production d'énergie réactive sur les alternateurs.* Bull. SFE—I—8-e (1960) 12, 809.

Reuniunea Comitetului de Studii nr. 8 al CIGRÉ privind trăznetul și supratensiunile atmosferice

Între 25 septembrie și 3 octombrie 1961 a avut loc la Atena reuniunea Comitetului de Studii nr. 8 CIGRÉ, privind trăznetul și supratensiunile atmosferice, la care am participat ca delegat al Comitetului Romîn CIGRÉ și al A.S.I.T.

Au participat un număr de 40 de delegați din 21 de țări, dintre care mulți reprezentau o autoritate științifică cunoscută în domeniul supratensiunilor atmosferice, ca de ex.: prof. M. V. Kostenko din U. R S. S., prof. H. Baatz din R.F.G., prof., K. Berger din Elveția, prof. D. Müller-Hillebrand și R. O. Lundholm din Suedia, dr. ing. R. H. Golde din Anglia etc.

Lucrările reuniunii au fost conduse de către prof. H. Baatz și de către prof. R. H. Golde, președintele, respectiv secretarul Comitetului nr. 8 CIGRÉ.

Ședințele tehnice au avut loc în zilele de 26 — 28 septembrie, la Universitatea Tehnică Națională din Atena, programul de lucru în aceste zile fiind foarte încărcat.

Problemele discutate în cadrul acestei reuniuni se pot împărți în trei grupe:

Din prima grupă au făcut parte referatele:

H. Baatz — Încercări de comparare a descărcării între electrozi-tije la tensiuni de impulsie;

H. Baatz și A. Fischer — Descărcări prealabile între electrozi-tije la tensiune de impulsie;

Ch. și Ph. Menemenlis și G. M. Petropoulos — Efectul condițiilor suprafeței electrozilor la tensiune de descărcare de 50% la impulsie între electrozi-tije;

K. Berger — Experiențe comparative la electrozi-tije.

* * *

În ziua a doua de lucru s-au prezentat lucrările:

C. F. Wagner — Descărcarea sub formă de trăznet;

C. F. Wagner și A. R. Hileman — — Mecanismul descărcării între electrozi în condiții de laborator;

C. F. Wagner și A. R. Hileman — Impedanța caracteristică a canalului curentului de trăznet;

C. F. Wagner și A. R. Hileman — Descărcarea sub formă de trăznet.

* * *

În ultima zi de lucru s-a prezentat lucrarea: N. Hyltén-Covallius și S. Annestead — Deformarea undelor călătoare în cabluri și în linii de energie electrică.

* * *

Din prima categorie de referate s-au remarcat lucrările prof. H. Baatz. Bazate pe un număr mare de experiențe (circa 1 500—2 000 experiențe pentru fiecare caz) ele au adus o serie de contribuții inedite în stabilirea tensiunii de descărcare la impulsie între electrozi tije-tije, la un interval de străpungere de 450 mm. Paralel cu determinarea tensiunii de străpungere, autorul a efectuat compararea rezultatelor obținute cu rezultatele altor cercetători; totodată a studiat influența a o serie de parametri ca umiditatea și densitatea aerului.

Referatul întocmit de Ch. și Ph. Menemenlis și G. M. Petropoulos se referea la influența suprafeței electrodului asupra condițiilor de descărcare la impulsie. Autorii au efectuat încercările experimentale la o tensiune relativ joasă, distanța dintre electrozi fiind de 7—10 cm.

Formele de electrozi luate în considerare au fost următoarele: tijă de secțiune dreptunghiulară (10 × 10 mm) — placă, tijă de diametru subțire prevăzută cu un ecran — placă, două sfere avînd diametrul de 15 mm, sferă-tijă subțire, două tije de secțiune dreptunghiulară.

Autorii au studiat în mod deosebit modul de producere a efectului corona și influența acestui fenomen asupra descărcării. În cadrul referatului s-au reprezentat multe fotografii reprezentînd modul de dezvoltare a efectului corona pentru diferite forme ale electrozilor, ceea ce a permis explicarea modului de dezvoltare a descărcării electrice.

Referatul prof. K. Berger, foarte succint, se referea la încercările privind descărcarea între electrozi tije-tije, situați la distanța de 450 mm (conform recomandărilor CIGRÉ), efectuată în condiții speciale, pentru a preciza influența diferiților parametri. Electrozii au fost montați într-un cilindru lung de 14 m și cu diametru de 2,9 m, ermetic închis, în care se menținea o presiune de 760 mm Hg, o temperatură de 19...21° C și o umiditate de 9,2 ... 11 gr. H_2O/m^3.

Autorul, pe baza încercărilor experimentale efectuate, a determinat dispersiunea, în kV și în procente, a tensiunii de descărcare. Rezultatele obținute sînt incomplete, în sensul că cercetările trebuie continuate, modificîndu-se presiunea, temperatura și umiditatea din interiorul cilindrului.

Discuțiile purtate s-au referit îndeosebi la primele două lucrări. Au luat parte la discuții P. Laurent, M. V. Kostenko, R. H. Golde, Ch. Menemenlis, G. M. Petropoulos, K. Berger, D. Müller-Hillebrand. Problemele luate în discuție s-au referit la: analizarea influenței efectului corona asupra tensiunii de descărcare, compararea rezultatelor obținute de autori cu rezultatele altor cercetători, precizarea influenței diferiților parametri asupra descărcării etc.

Referatele prezentate a doua zi de către C. F. Wagner se refereau în principal asupra fenomenologiei producerii trăznetului. Deosebit de documentate, ele cuprindeau considerații teoretice, precum și rezultatele încercărilor experimentale efectuate. Autorul a prezentat o nouă ipoteză în legătură cu modul de dezvoltare a liderului unui trăznet. Conform acestei ipoteze liderul este format dintr-un canal conductibil ce se dezvoltă de la nor înspre pămînt. Acest canal conductibil este înconjurat de efectul corona. În cadrul referatelor expuse se explică de asemenea modul de producere a strimerului opus, care vine în întîmpinarea liderului. Autorul a efectuat încercări experimentale de laborator pentru verificarea ipotezei emise, precum și măsurarea supratensiunilor ce apar în cazul căderii trăznetului pe linii aeriene.

Discuțiile ce au urmat s-au axat îndeosebi pe clasificarea a o serie de considerațiuni privind caracteristicile liderului, parametrii curentului de trăznet etc. Au participat la discuții E. K. Saraoja, P. Laurent, R. Davis, R. H. Golde, M. V. Kostenko, G. M. Petropoulos, O. Johansen, G. Drăgan, R. O. Lundholm, D. Müller-Hillebrand, K. Berger.

Participînd la discuții, am pus problema vitezei de propagare a liderului și a strimerului opus. Într-o primă aproximație viteza de propagare a liderului poate fi considerată constantă, deoarece o dată cu dezvoltarea liderului scade conductibilitatea canalului central, iar cîmpul între capul liderului și sol se uniformizează; această aproximație permite simplificarea unor calcule privind intensitatea curentului din canalul liderului. În legătură cu strimerul opus am menționat că caracterul acestui strimer depinde după cum trăznetul cade pe o linie electrică aeriană sau pe pămînt. În sfîrșit m-am referit la lucrările lui I. S. Stekolnikov privind influența efectului corona a unui lider asupra supratensiunilor induse într-o linie electrică aeriană.

Cu mult interes a fost urmărită ampla și documentata intervenție a lui M. V. Kostenko, profesor șef de catedră de tehnica tensiunilor înalte la Institutul Politehnic din Leningrad, care a adus o serie de contribuții importante la problema discutată.

În referatul prezentat de N. Hylten-Covallius se studiază deformarea undelor în cabluri și linii aeriene, lucrarea caracterizîndu-se printr-o interesantă contribuție teoretică în acest domeniu, precum și prin verificarea experimentală a concluziilor teoretice obținute. Autorul consideră o undă treaptă unitară, ceea ce permite generalizarea rezultatelor obținute și pentru alte forme de undă de supratensiune.

Discuțiile la acest referat au fost deosebit de animate. Au participat la aceste discuții N. V. Kostenko, P. Laurent, H. Link, E. Occhini, G. Drăgan, M. Jaczewski, A. W. Roth etc. Intervenția mea în legătură cu referatul prezentat s-a referit la mai multe aspecte ale problemei deformării undelor de supratensiune în cabluri. În primul rînd am arătat necesitatea efectuării acestor studii, dat fiind că unii vorbitori, ca de exemplu R. Davis, au pus problema necesității studierii deformării undelor de supratensiune în linii aeriene și mai puțin în cabluri. În continuare m-am referit la lucrările asemănătoare efectuate la noi. Spre deosebire de modul de soluționare a problemei în referatul prezentat, în care se considera o undă dreptunghiulară, în lucrarea pe care am efectuat-o acum cîțiva ani, m-am referit la o undă cu o pantă oarecare și de lungime finită. În sfîrșit m-am referit la problema echivalenței deformării în cazul cînd unda de supratensiune se propagă de-a lungul unui singur conductor sau de-a lungul a trei conductoare. Încercările experimentale efectuate de către N. Hylten-Covallius confirmă în bună parte această concluzie menționată în literatura de specialitate și verificată în experiențele pe care le-am efectuat.

În încheierea ședințelor tehnice s-a discutat problema viitoarei reuniuni a Comitetului nr. 8. S-a hotărît ca ea să aibă loc peste 3 ani, urmînd ca locul reuniunii să se stabilească la sesiunea CIGRÉ ce va avea loc la Paris în 1962. În legătură cu tematica viitoarei reuniuni s-a insistat asupra necesității studierii descărcării dintre electrozi situați la mare distanță pentru a putea stabili unele analogii în descărcările atmosferice.

Datorită referatelor prezentate, cît și datorită discuțiilor ample care au avut loc după fiecare referat, reuniunea Comitetului nr. 8 CIGRÉ a fost interesantă și utilă. Ea ne-a dat posibilitatea să cunoaștem preocupările actuale în domeniul trăznetului și supratensiunilor atmosferice și să realizăm relații de colaborare viitoare în aceste probleme cu cercetători din diferite țări și îndeosebi cu cei din țările socialiste. Totodată am avut posibilitatea să arătăm participanților la această reuniune care sînt cercetările privind supratensiunile atmosferice efectuate în țara noastră.

Paralel cu ținerea ședințelor tehnice, s-au organizat o serie de excursii pentru vizitarea unor monumente antice ale Greciei, precum și a unor industrii. Astfel, s-a vizitat Atena și Acropole, capul Sounion cu templul lui Poseidon, oracolul și templul lui Apollo din Delphi, Corintul, vechiul palat micenian, Epidorul, Olimpia cu templul lui Zeus și cu renumitul stadion olimpic, Patras. În cadrul acestor excursii am vizitat de asemenea centrala hidroelectrică de la Ladhon (de 60 000 kW) și o întreprindere textilă de bumbac, automatizată, din Patras. De asemenea am vizitat laboratorul de înaltă tensiune al Universității Tehnice Naționale din Atena.

Este necesar să menționez că organizarea acestei reuniuni a fost foarte bună, iar meritul pentru aceasta îi revine comitetului de organizare format din prof. G. M. Petropoulos, profesor la Universitatea Tehnică Națională din Atena, ing. M. Lévahidés, secretar general al Asociației Electrotehnice din Grecia și ing. A. Eliopoulos, șeful serviciului Secretariatului Întreprinderii Publice de Electricitate din Grecia.

Conf. **G. Drăgan**

RECENZIE

MANUALUL INGINERULUI TERMOTEHNICIAN vol. I **Principii teoretice, combustibili, cazane, tratarea apei**. Editura Tehnică, Buc., 1961, 695 pag.

„Manualul inginerului termotehnician", realizat pe baza „Îndreptarului termotehnic" editat în U.R.S.S. în anii 1957—1958, cu completările și adaptările efectuate în cadrul Editurii Tehnice este conceput a apare în trei volume din care cel menționat este primul. Volumul al doilea va cuprinde mașinile termice, centralele termoelectrice și rețelele termice iar volumul al treilea echipamentul termotehnic al întreprinderilor industriale, controlul și automatizarea proceselor termice și materialele folosite în construcția și exploatarea echipamentului termotehnic. Prin modul în care manualul este deci conceput, acesta acoperă întregul domeniu al utilizărilor de căldură în diferitele ramuri industriale.

Volumul I al manualului cuprinde două părți:

I. Principii teoretice

II. Combustibili, cazane, tratarea apei.

I. *Principii teoretice* conține capitolele: 1. Mărimi și unități de măsură, 2. Noțiuni de mecanica fluidelor, 3. Termodinamica, 4. Transmiterea căldurii.

În cap. 1 sînt prezentate mai întîi noțiunile generale referitoare la mărimea care caracterizează fenomenul fizic, cu definirea mărimilor utilizate în termotehnică, valoarea numerică atribuită mărimii și unitățile de măsură fundamentale, în diferitele sisteme de unități, trecîndu-se apoi la expunerea detaliată a sistemelor SI, CGS și MK$_f$S.

Față de sistemul internațional de unități SI adoptat de Conferința Internațională de Măsuri și Greutăți de la Paris din anul 1954, ca un sistem practic general de unități (avînd drept unități fundamentale metrul, kilogramul, secunda, amperul, gradul Kelvin și candela) și care înglobează și sistemul MK$_f$S, aplicarea sistemului SI fiind dorită ca generală, celelalte două sisteme de unități detaliate CGS și MK$_f$S au utilizări mai restrînse: sistemul CGS în fizică iar sistemul MK$_f$S în mecanică și termodinamica tehnică.

Tabelele prezentate, de transformare a diferitelor unități de măsură în cadrul sistemelor de unități menționate sînt complete și deosebit de utile.

În cap. 2, după prezentarea noțiunilor fundamentale de hidroaerodinamică și a ecuațiilor fundamentale ale mecanicii fluidelor pentru fluidele compresibile și cele vîscoase (reale) sînt examinate o serie de probleme legate de conducte, ajutaje, difuzoare cu deosebită aplicație la paletele turbinelor.

Un mare număr de tabele selecționate dintr-un vast material bibliografic, diagrame și date practice întregesc expunerea teoretică, fiind deosebit de utile pentru calculul hidraulic al conductelor de apă și abur, calculul ajutajelor și profilelor paletelor fixe și mobile ale turbinelor.

În cap. 3 sînt expuse mai întîi principiile termodinamicii și proprietățile termice ale substanțelor, și apoi ecuațiile de stare ale gazelor.

Pentru căldurile specifice se prezintă tabele detailate de valori și diagrame de variație a acestora; pentru vapori de apă se dă diagrama de variație a c_p la presiuni între 300 și 500 at și temperatură pînă la 660°C.

Funcțiile de stare caracteristice sînt expuse succint, în schimb echilibrul fazelor este foarte larg analizat.

Amestecurile și proprietățile calorice ale acestora formează un paragraf separat în care se insistă asupra vaporizării și topirii soluțiilor.

Procesele de transformare fundamentale sînt amănunțit analizate matematic dîndu-se formule, tabele și grafice dar în schimb ciclurile instalațiilor termice de forță și ale instalațiilor frigorifice sînt foarte succint prezentate; de asemeni efectele termice ale reacțiilor chimice sînt expuse sumar.

În cap. 4 după ce se face o prezentare a elementelor de transmiterea căldurii ca similitudine și analiză dimensională se prezintă într-un prim paragraf de cca. 33 de pag. problema conductibilității căldurii în regim staționar și nestaționar dîndu-se formulele de calcul și cca. 20 tabele și diagrame de valori caracteristice.

Problema transmiterii căldurii prin convecție în fluidele cu o singură fază precum și transmiterea căldurii prin convecție la schimbarea stării de agregare a fluidelor formează paragrafe separate în care se prezintă matematic și valoric (20 tabele) transmiterea căldurii prin convecție la curgerea fluidelor prin țevi și canale sau transversal pe un fascicol de țevi, precum și transmiterea căldurii prin convecție la vaporizarea lichidelor și condensarea vaporilor.

Transmiterea căldurii prin radiație formează subiectul unui paragraf aparte.

II. *Combustibili, cazane, tratarea apei* cuprinde capitolele: 5. Combustibili energetici, 6. Arderea combustibililor și instalațiile de focare, 7. Instalații de cazane, 8. Tratarea apei, 9. Controlul chimic al regimului și al tratării apei, 10. Coroziunea echipamentului termic.

În cap. 5 se prezintă detailat combustibilii energetici și caracteristicile acestora. La cărbuni se studiază amănunțit caracteristicile fizico-chimice și sub formă de tabele se prezintă clasificarea, proprietățile și sorturile principale de cărbuni furnizate în prezent de industria carboniferă din R.P.R.

Problema recepției și a depozitării cărbunilor energetici este tratată separat.

Cap. 6 are două subcapitole — subcapitolul A arderea combustibililor și subcapitolul B — instalații de focare. În subcapitolul A se face calculul produselor de ardere a combustibilului în focarele cazanelor de abur. În subcapitolul B se prezintă date de calcul constructive și schițe asupra focarelor cu ardere în strat, cu grătar fix, cu deplasarea periodică și continuă a combustibilului. Prepararea prafului de cărbune, calculul instalațiilor de preparare a prafului (termic și aerodinamic) și echipamentul acestor instalații sînt cuprinse într-un paragraf aparte. Mult detailate sînt focarele cu ardere în suspensie în special cele pentru praful de cărbune.

Cap. 7 prezintă într-o primă parte tipurile constructive de cazane de încălzire și energetice cele mai răspîndite în țara noastră. Pentru acestea se dau sub formă de tabele caracte-

risticile tehnice cele mai importante precum şi schiţele constructive ale acestora. În mod cu totul deosebit se insistă asupra tipurilor de cazane fabricate în R.P.R.

În cadrul acestui capitol în partea a doua este mult dezvoltat calculul termic al instalaţiilor de cazane, calculul hidrodinamic, calculul tirajului şi al regimului de apă.

În afară de bilanţul termic se calculează sistematic sub formă de formule, tabele şi diagrame transmiterea căldurii în focar, convecţia şi radiaţia pentru cele mai diverse poziţii ale ţevilor. Calculul circulaţiei naturale a apei, căderea de presiune în ţevi şi colectoare sînt de asemenea tratate pe larg. În ce priveşte suprafeţele de încălzire cu circulaţie forţată a fluidului şi instalaţiile de separare sînt prezentate nomograme de calcul şi cele mai moderne scheme ale instalaţiilor de uscarea aburului. Calculul tirajului, al puterii exhaustoarelor şi a ventilatoarelor, al rezistenţei de circulaţie a aerului şi gazelor, al rezistenţei de frecare în canalele de gaze şi de aer şi calculul coşului se dă sub formă matematică şi grafică în cca. 20 de nomograme.

Problemei preparării apei de alimentare a instalaţiilor de cazane i se dă importanţa cuvenită în această lucrare. Cap. 8 şi 9 se ocupă în mod deosebit de amănunţit de aceasta.

În cap. 8 se studiază tratarea apei arătîndu-se sub formă de scheme tehnologice modalităţile de îndepărtare a substanţelor dispersate, a impurităţilor coloidale, diverse metode de tratare a apei prin precipitare. În mod separat se studiază tratarea apei cu mase ionice şi tratarea chimică şi termică a apei în interiorul cazanului.

Pentru reţelele termice se prezintă metodele de tratare a apei de circulaţie şi a apei de adaus.

În cap. 9 se arată controlul calităţii apei din cazan, al apei de alimentare, al aburului saturat şi supraîncălzit precum şi aparatele şi metodele de control chimic.

Coroziunea echipamentului termic formează subiectul capitolului 10 în care se arată procesele de coroziune, formele distrugerii prin coroziune, rezistenţa la coroziune a metalelor şi aliajelor în diferite medii, factorii care o influenţează şi metodele de protecţie împotriva coroziunii.

* * *

Adresîndu-se inginerilor, tehnicienilor şi studenţilor şi punînd la dispoziţia acestora într-o formă concentrată principalele noţiuni teoretice şi practice privind bazele termotehnicii, combustibilii, instalaţiile de cazane şi tratarea apei, lucrarea menţionată este deosebit de utilă fiind de un real folos celor care lucrează în domeniul proiectării, construcţiei şi exploatării instalaţiilor termotehnice ale centralelor electrice şi ale tuturor întreprinderilor industriale care utilizează căldura în procesele tehnologice.

C.G. şi C.W.

Ministerul Industriei Grele. Direcţia generală a energiei electrice: Prescripţia Nr. 4-60: Prescripţii pentru construcţia liniilor aeriene de energie electrică cu tensiuni peste 1 000 volţi. Bucureşti, 1960, editată de ICSE, 83 pag. şi o hartă.

Formînd o nouă ediţie a prescripţiilor cu acelaşi conţinut din anul 1952, prescripţiile pentru construcţia liniilor aeriene de înaltă tensiune (cu tensiuni peste 1 000 V) ţin seamă de experienţele obţinute cu comportarea acestor linii la noi în ţară în primii zece ani de electrificare, cît şi de principiile ultimelor prescripţii sovietice în această materie (Construcţia instalaţiilor electrice, Capitolul II-4, 1959).

Noua ediţie citată conţine în consecinţă, în raport cu ediţiile precedente, o serie de elemente noi, pe care le descriem mai jos.

În primul rînd, la clasificarea liniilor aeriene de înaltă tensiune s-a adăugat precizarea că pot fi admise în clasa I şi linii cu tensiuni mai mari ca 1 kV şi pînă la 20 kV, cuprinse pînă acum integral în clasa II, dacă alimentează cu energie electrică consumatori foarte importanţi.

În capitolul privind condiţiile meteorologice luate în considerare în calculul liniilor, s-au introdus prevederile din ultimele prescripţii sovietice (II-4-1959, citate mai sus) relativ la calculul presiunii vîntului, din care trebuie în special relevat faptul că în relaţia de calcul a acestei presiuni coeficientul de simultaneitate al egalei presiuni pe linie variază de la 1,00 la 0,75 în funcţie inversă de viteza maximă admisă pentru vînt. De aci rezultă că în toate cazurile cu vînt bătînd pe conductori acoperiţi cu chiciură se utilizează coeficientul maxim 1,00, simultan cu coeficientul aerodinamic maxim, 1,2 pentru conductori, acesta din urmă aplicîndu-se indiferent de secţiunea conductorilor consideraţi.

La acestea s-a introdus corectivul constînd din reducerea cu circa 10% a vitezei vîntului pe stîlpii liniilor aeriene de energie electrică cu înălţimi mai mici ca 15 m, respectiv pe conductorii montaţi pe aceşti stîlpi, ceea ce conduce la presiune redusă cu 20%.

În acest mod se obţine, pentru liniile aeriene pînă la 15 kV inclusiv, care corespund acestei condiţii, aproximativ aceeaşi presiune, pe conductorii acoperiţi cu chiciură, de regulă mai mare decît cea pe conductorii goi — ca în cazul prescripţiilor din 1952 şi la care nu s-au constatat ruperi de stîlpi. În schimb se uşurează sensibil, prin reducerea forţei vîntului admis pe conductori, obţinută prin reducerea coeficientului de simultaneitate, stîlpii liniilor cu secţiuni mai mari de conductori (de 110 kV şi mai mult) la care se admit şi valorile cele mai mari ale vitezei vîntului, iar presiunea maximă rezultă a fi cea pe conductori goi.

S-au mai redus şi distanţele admisibile între fazele liniilor, renunţîndu-se la principiul ca aceste distanţe să permită lucrul pe o fază, cu celelalte două sub tensiune, şi admiţîndu-se în schimb formula de calcul din ultimele prescripţii germane pentru linii (VDE, 1958). Prin aceasta se reduce în mod apreciabil costul stîlpilor, obţinîndu-se de regulă o economie mai mare decît pagubele pricinuite de întreruperile liniilor, pentru lucrări pe ele.

Pentru izolaţia liniilor de înaltă tensiune s-au prescris valorile tensiunilor admisibile, la toate tensiunile nominale ale acestora, după valorile efectiv obţinute la încercări cu izolatoarele fabricate în ţară, atît pentru izolatoare rigide cît şi pentru lanţuri, în cazul celor dintîi indicîndu-se şi tensiunile cu conturnare la şoc.

O uşurare sensibilă se aduce prin noile prescripţii la calculul stîlpilor de întindere în aliniament şi în colţ şi al celor terminali, prin faptul că nu mai sînt consideraţi rupţi în situaţie de avarie decît doi conductori, în cazul stîlpilor de întindere normali şi al celor terminali; respectiv un singur conductor, în cazul stîlpilor de întindere uşori, indiferent de numărul circuitelor montate pe aceşti stîlpi. De asemenea s-au mai mărit lungimile de linii cuprinse între stîlpi de întindere consecutivi, şi anume la 5 km pentru linii de conductor pînă la 95 mm² şi la 10 km pentru linii cu secţiuni mai mari în cazul izolatoarelor lanţ cu cleme, cu declanşare, respectiv nu se mai limitează aceste lungimi pentru linii cu izolatoare lanţ cu cleme fixe şi pentru linii montate pe izolatoare rigide.

În noua ediţie nu mai apar restricţiile de utilizare a clemelor oscilante cu declanşare, în funcţie de poza conductorilor pe stîlpi, care erau cuprinse în ediţia 1952 a prescripţiilor. O atenţie specială s-a acordat capitolului privind stîlpii de beton armat — capitol care nu există în prescripţiile corespunzătoare sovietice — şi în care s-au concentrat în mod special învăţămintele primilor zece ani de electrificare a ţării. Nu s-au cuprins însă în acest capitol prevederi relative la stîlpii din beton precomprimat cu armături pretensionate, dată fiind lipsa de experienţă de pînă acum, în acest nou gen de construcţii; s-a prevăzut însă elaborarea, la momentul oportun, şi a unor instrucţiuni de proiectare pentru acest gen de stîlpi.

Modificări esenţiale apar în noile prescripţii în capitolul relativ la încrucişările şi apropierile liniilor aeriene de înaltă tensiune cu diferite alte construcţii şi obiecte şi în special cu căi de comunicaţii. Din acest punct de vedere, se citează faptul că nu se mai prevede traversarea între stîlpi de întindere ai liniilor aeriene citate decît a căilor ferate cu trafic permanent şi a şoselelor naţionale, cu condiţia ca acestea din urmă să aibă pe marginea lor şi trasee aeriene de curenţi slabi (telecomunicaţii, radioficare, semnalizări şi telecomenzi). Şoselele naţionale fără trasee de curenţi slabi paralele cu ele, respectiv traseele de curenţi slabi altele decît cele paralele cu şosele naţionale (cu excepţia unor trasee de importanţă specială) se traversează între stîlpi de susţinere ai liniei de energie electrică. Liniile de energie cu izolatoare-lanţ se prevăd în astfel de cazuri cu cleme oscilante fixe, sau cu cleme osci-

lante cu declanşare blocate, iar liniile de izolatoare rigide — cu legături de siguranţă pe un acelaşi izolator.

Tot între stîlpi de întindere, se prevede traversarea liniilor aeriene de înaltă tensiune peste ape navigabile, funiculare sau conducte conţinînd combustibili, în anumite cazuri.

Traversările liniilor montate pe izolatoare-lanţ peste căi ferate, trasee de curenţi slabi şi şosele naţionale, şi în toate cazurile în care se prevăd stîlpi de întindere, mărginind deschiderile de traversare, se prevăd cu dublarea izolatoarelor în aceste deschideri. Pentru protecţia liniilor de curenţi slabi contra căderilor peste ele a conductorilor liniilor de energie, se prevede apropierea unuia din stîlpii de traversare ai acestora, la o distanţă minimă de traseele de curenţi slabi care rămîn în unghi mort, în cazul ruperii şi căderii conductorilor de înaltă tensiune.

Un alt mod de protecţie contra atingerilor cu tensiunea înaltă a conductorilor de curenţi slabi o reprezintă dispozitivele de gardă, cu conductori din oţel, dispuşi paralel şi deasupra conductorilor de curenţi slabi şi legaţi la pămînt, astfel încît un conductor de înaltă tensiune, căzut peste un astfel de dispozitiv, se pune la pămînt, înainte de a atinge conductorii de curenţi slabi.

Se prevede utilizarea dispozitivelor de gardă, în cazul traseelor noi de curenţi slabi, trecînd pe sub linii aeriene de înaltă tensiune existente şi unde nu se justifică, din punct de vedere tehnico-economic, subtraversarea în cablu subteran de telecomunicaţii. Se permite însă şi traversarea liniilor aeriene noi de înaltă tensiune, peste linii aeriene existente de curenţi slabi, fără alte măsuri decît construirea dispozitivelor de gardă peste acestea din urmă, dacă aceasta conduce la soluţia cea mai economică.

Pentru protecţia liniilor de curenţi slabi, în ceea ce priveşte propagarea în ele a supratensiunilor vehiculate de liniile de înaltă tensiune, se pot admite distanţe reduse (între 2 şi 4 m) pe verticală, între conductorii celor 2 trasee ce se încrucişează, cu condiţia prevederii unor descărcătoare pe stîlpii de energie mărginind traversarea. Dacă aceste descărcătoare nu se montează, distanţele citate trebuie mărite, ajungînd între 4 şi 6 metri.

Faţă de ediţiile precedente, în prescripţiile menţionate s-a adăugat un capitol final, cuprinzînd condiţiile în care se execută transpunerile de conductori în care se prevăd piese antivibratoare la clemele izolatoarelor-lanţ, pe liniile aeriene de înaltă tensiune .

De asemenea, în acelaşi capitol se prevăd condiţiile în care se poate trece cu astfel de linii peste clădiri de locuinţe şi industriale şi condiţiile de montare, pe aceiaşi stîlpi, a unor linii de tensiuni diferite, cu o atenţie deosebită acordată cazului montării pe aceiaşi stîlpi a unei linii de înaltă tensiune (pînă la 15 kV inclusiv) cu circuite de joasă tensiune.

Lucrarea se încheie cu o serie de tabele, rezumînd condiţiile de încrucişări şi apropieri între liniile aeriene de energie electrică cu tensiuni peste 1 000 V şi diferite căi de comunicaţii, construcţii şi alte obiecte.

Ing. **Vlad Rădulescu**

DOCUMENTARE

Energetica generală

Determinarea dezvoltării sistemului electric cu ajutorul calculului probabilităţilor. Giandomenico Brossa, *La Termotecnica* **15** (1961) nr. 3, pp. 119—134.

Planificarea creşterii sistemului energetic implică aplicarea calculului probabilităţilor. În funcţionarea unei maşini trebuie să se distingă următoarele timpuri : t_r-timp necesar ca maşina să fie în funcţiune ; t_s — timp efectiv în care maşina a fost în funcţiune ; t_g — timp în care maşina a fost avariată ; t_f — timp pentru care nu se cere ca maşina să fie în funcţiune ; t_m — timp pentru întreţinere planificată ; T-timp total. Avem evident $T = t_r + t_s + t_m = t_s + t_g + t_f + t_m$. Se defineşte ca probabilitate de serviciu $p = t_s/t_r = t_s\ (t_s + t_g)$ şi probabilitate de avarie $q = t_g/t_r\ (p + q = 1)$. Se arată principiul de obţinere a probabilităţilor compuse, spre exemplu pentru grupuri bloc compuse din cazan-turbină-generator, adică regula de multiplicare şi formula binomului Newton pentru schema Bernoulli. Se ilustrează aplicarea formulei binomului pentru cazul cînd unităţile au puteri diferite şi modul de stabilire a aşa-numitei curbe de probabilitate a puterilor (valoarea puterii şi probabilitatea de serviciu) ţinînd seama de mărimea grupurilor şi de modul lor de combinaţie pentru a da anumită putere. Se asociază acestei curbe de putere probabilitate curba de sarcină a sistemului definindu-se riscul de a nu putea acoperi o anumită putere. Riscul de întrerupere poate fi exprimat fie ca putere neacoperită, fie ca energie nelivrată. Se exemplifică aplicarea noţiunilor expuse în legătură cu posibilitatea determinării momentului cel mai propice pentru instalarea unor noi unităţi.

a.r.

Sistemul descentralizat autocorectiv de reglare automată a regimurilor de lucru a sistemelor energetice în funcţie de frecvenţă şi puterea activă. A. G. Moscalev, *Elektricestvo* 1960, nr. 10, pp. 1—7.

În articol se analizează un procedeu nou de reglare automată a frecvenţei şi puterii active şi anume procedeul de reglare descentralizat şi autocorectiv. Autorul preconizează o metodă care permite, fără a avea o informaţie asupra puterii totale din sistemul energetic, să se asigure repartiţia optimă a acesteia pe centralele reglante. Articolul se ocupă cu următoarele probleme :

a) *Determinarea factorilor de penalizare* $\frac{1}{1-\sigma}$ *pentru corectarea creşterilor relative ale centralelor.* În acest scop este necesar a se cunoaşte vectorul tensiunii într-un punct de echilibru al sistemului şi vectorul local al tensiunii. Aceasta reclamă aparatura corespunzătoare de telemăsură (statică) şi un număr mic de telecanale.

b) *Descrierea procedeului de reglaj.* Se introduce ca mărime unică de autocorecţie creşterea relativă „predeterminată" de sistem

$$b_0 = \int_0^t k\varepsilon_f \, dt.$$

Sistemele de reglaj lucrează sub acţiunea diferenţei

$$b_0 - b_{centrală\ i}\,\frac{1}{1-\sigma_i}\,.$$

În regim staţionar se obţine egalitatea treptelor relative corectate de factorii de penalizare din repartiţia optimă a puterii.

Se analizează schemele structurale de reglaj în cazul CTE bloc cazan-turbină-generator cu bară comună de abur şi CHE. Se descriu schemele bloc ale instalaţiilor autocorective în două variante.

c) *Probleme de perspectivă* în ceea ce priveşte dezvoltarea sistemelor energetice interconectate din punct de vedere al reglajului automat de frecvenţă. Se preconizează trei etape de dezvoltare : reglaj cu controlul puterii de schimb, controlul energiei de schimb în ultima etapă fără niciun control al schimbului conform însă cu o corecţie optimă generală pe sisteme.

v.i.

Indicii energetici ai Angliei. A. P. Salikov, *Teploenerghetika* **8** (1961) nr. 7, p. 86–88, 2 fig. 3, tab.

Industria energetică din Anglia e naţionalizată din 1948. Puterea instalată în centrale şi producţia de energie s-au dublat în ultimii 9 ani. În perioada 1 aprilie 1959–31 martie 1960 s-au produs 100,5 GWh, aproape în întregime de centralele termoelectrice cu abur. Aportul centralelor atomice a fost 1,2 GWh, al centralelor hidroelectrice 84 GWh şi al centralelor cu motoare Diesel de 60 GWh. Puterea instalată a fost de 27 612 MW.

Randamentul termic mediu în perioada 1959–60 a fost de 26,53 %. Ponderea mare a cărbunilor în balanţa de combustibili energetici are ca urmare funcţionarea cu un consum ridicat al serviciilor auxiliare – 6,63 %. Pierderile în reţelele de transport şi distribuţie au atins cifra de 9,66 %.

Noile agregate energetice vor avea puteri de 200–275–300–350–500 MW cu parametrii 165 ata şi 565/538°C. Vor fi montate de asemeni două blocuri de 375 MW cu parametrii supracritici, 246 ata şi 593/565 °C. Puterea instalată va ajunge în 1965 la 37 500 MW. În această perioadă vor fi date în exploatare şi cîteva centrale atomice cu puteri de 3–600 MW.

i. g.

Structura energetică a R. P. Bulgaria. K. Michailoff. *Energietechnik* **11** (1961) nr. 1, p. 6–10, 4 fig., 5 tabele, 9 ref. bibl.

Producţia de energie electrică creşte în ultimii 15 ani într-un ritm rapid. Faţă de realizările din 1944: putere instalată 131 MW, producţia de energie 311 GWh şi consumul pe locuitor de 47 kWh, s-a ajuns în 1959 la o putere instalată de 907 MW (507 în termocentrale şi 400 în hidrocentrale) producţia de energie 3 895 GWh şi consum pe locuitor 500 kWh. Pentru 1965 se prevede o producţie de 10–11 000 GWh.

Parametrii noilor agregate sînt 100–130 ata şi 500–560°C, puterile unitare ale turbinelor de 50–150 MW şi debitele cazanelor de 150–250 t/h.

În centralele termoelectrice se ard ligniţi inferiori cu 1 300–1 500 kcal/kg, 50 – 55 % umiditate şi cca 22 % conţinut de cenuşă. Se folosesc su succes procedeele de uscare cu gaze de ardere de 800°C obţinîndu-se reducerea umidităţii la 35 % şi creşterea puterii calorifice la 1 500–1 800 kcal/kg.

Prin construirea de noi hidrocentrale se va atinge pînă în 1975 limita de amenajare economică a resurselor hidroenergetice. Un rol important este destinat hidrocentralelor cu acumulare prin pompare.

Începînd din 1950 se folosesc linii de interconexiune de 110 kV – prima linie de 220 kV a fost construită în 1959. A început electrificarea căii ferate Sofia – Plovdiv de 150 km (25 kV, curent alternativ monofazat 50 Hz). Au fost electrificate 85 % din localităţile ţării.

Termoficarea oraşului Sofia a fost începută în 1957 urmînd a fi extinsă prin amenajarea a 2 centrale de termoficare cu o putere totală de 225 MW.

i. g.

Probleme actuale ale configuraţiei marilor reţele industriale Kloeppel F. W.: *Energietechnik*, **11** (1961) nr. 4, pp. 170–179, 13 fig., 3 tab., 7 ref. bibl.

Articolul trece în revistă principalele probleme ce se pun la proiectarea reţelelor electrice industriale importante, precum şi soluţiile ce se dau, cu avantajele şi dezavantajele lor. Autorul începe prin a arăta că o importantă cantitate de energie electrică este vehiculată prin reţele industriale (circa 74 % din consumul actual de energie electrică din R.D.G. este absorbit în industrie) de unde rezultă importanţa unei configuraţii judicioase a acestor reţele.

Prima dintre problemele ce se pun unei reţele industriale este aceea a numărului şi mărimii tensiunilor utilizate. Pentru joasa tensiune se utilizează de obicei tensiunea de 380 V. Autorul arată avantajele introducerii tensiunii de 500 V şi eventual 660 V pentru alimentarea motoarelor. Pentru iluminat se recomandă o reţea separată de 220 V. Chiar în cazul utilizării tensiunii de 380 V pentru motoare se adoptă adesea o reţea separată pentru iluminat pentru a evita influenţa perturbatoare a şocurilor ce apar la pornirea şi în funcţionarea motoarelor.

Pentru reţelele de distribuţie se folosesc tensiunile de 6 şi 10 kV. Autorul recomandă folosirea tensiunii de 10 kV pentru alimentarea motoarelor mari. Pentru fiecare reţea în parte trebuie făcut un calcul tehnico-economic care să ţină seama pe de o parte de scumpirea motoarelor prin construcţia lor la 10 kV iar pe de altă parte de ieftinirea reţelei şi micşorarea pierderilor de energie.

Reţelele de 30 kV sînt utilizate acolo unde sînt de distribuit sarcini importante pe suprafeţe întinse. Tensiunile de 110–220 kV sînt folosite în special pentru racordarea reţelei industriale la sistemul energetic.

A doua problemă importantă a reţelelor industriale o formează comportarea la scurtcircuit. Motoarele electrice contribuie pe de o parte la creşterea curentului de scurtcircuit de şoc dar micşorează pe de altă parte valoarea curentului de scurt circuit din momentele următoare (cu circa 10 %). Efectul motoarelor trebuie luat în considerare la calculul curentului de scurtcircuit ori de cîte ori contribuţia acestora depăşeşte 5 % din curentul total de scurtcircuit.

Pentru calculul puterilor de scurtcircuit în reţelele industriale complexe (strîns buclate) se folosesc modele de reţele şi calculatoare electronice.

Limitarea curenţilor de scurtcircuit în reţelele industriale se poate face pe mai multe căi (secţionarea barelor, bobine de reactanţă în lungul barelor, bobine individuale pe plecări sau pe grupe de plecări, secţionarea în reţelele de alimentare, etc.). Sînt arătate avantajele şi dezavantajele fiecărei metode şi cazurile de aplicare.

A treia problemă a reţelelor industriale o constituie configuraţia şi schemele de conexiuni ale acestora.

Sînt prezentate şi comparate schemele radiale, buclate simplu şi buclate complex. Sînt tratate modurile de asigurare a rezervei (legături duble, în cruce, alimentări de la posturile vecine). Ca scheme de conexiuni sînt analizate schemele cu bare colectoare, schemele bloc, schemele reduse şi derivaţie.

În concluzie autorul consideră că la proiectarea reţelelor industriale trebuie să fie consultaţi toţi factorii interesaţi (beneficiarul, furnizorul de energie, constructorul motoarelor şi aparatajului) în scopul alegerii soluţiei optime.

De asemenea trebuie să se tindă la o unificare şi tipizare a reţelelor industriale. Birourile de proiectare a reţelelor industriale trebuie specializate pe ramuri de industrie.

Articolul se distinge prin claritatea cu care sînt tratate problemele expuse.

o. r.

Despre limitele economice ale amplificării puterii instalate a uzinelor hidroelectrice. D. S. Stepanov, *Electriceskie Stanţii*, **32** (1961) nr. 6, p. 32–38 cu 3 fig. 2 tab. şi 4 ref. bibl.

La amplificarea puterii uzinelor hidroelectrice (UHE), extinderea clădirii este însoţită de reducerea barajului, astfel încît costul construcţiilor creşte neînsemnat. Ca urmare, costul puterii instalate suplimentar în UHE este redus, apropiat de costul puterii instalate într-o centrală termoelectrică (CTE) de condensaţie echivalente. Totodată cheltuiile anuale ale UHE extinse sînt mai mici decît cheltuielile anuale ale CTE de condensaţie echivalente. Toate acestea conduc la impresia că extinderea UHE prezintă avantaje economice deosebite.

Cu toate acestea anumite condiţii limitează avantajele economice ale instalării puterii suplimentare în UHE în comparaţie cu instalarea puterii în CTE de condensaţie. Printre aceste condiţii se menţionează faptul că CTE asigură producerea unei cantităţi de energie de cîteva ori mai mare decît cea care poate fi produsă prin extinderea unei UHE. Astfel, CTE asigură nu numai acoperirea aceleiaşi puteri ca şi extinderea UHE, dar permite în plus (datorită energiei suplimentare produse) să se renunţe la energia produsă mai puţin economic de către CTE mai vechi şi mai puţin economice, realizînd astfel economii de combustibil. Aceste economii de combustibil

pot fi în anumite cazuri mai însemnate decît economiile stabilite conform metodei actuale de calcule tehnico-economice, prin instalarea puterii suplimentare la UHE. În aceste cazuri instalarea în UHE a unei puteri suplimentare nu este economic justificată.

Pe lîngă aceşti factori, se ia în considerare şi faptul că dezvoltarea sistemului energetic prin instalarea de noi CTE conduce la reducerea producţiei de energie a CTE mai vechi (între care şi cea construită în locul extinderii UHE). De asemenea este necesară aprecierea modului de evoluţie ulterioară a sistemului energetic; în calculele prezentate se propun două variante limită de dezvoltare: una în care se construiesc numai UHE şi alta în care se construiesc numai CTE.

Relaţiile deduse în articol, care se bazează pe o serie de aproximări şi simplificări, arată că metodele actuale ale calculelor tehnico-economice supraevaluează avantajele economice ale extinderii puterii în UHE. În anumite cazuri, în care mărirea puterii în UHE este însoţită de o creştere redusă a producţiei de energie, extinderea UHE conduce la un consum suplimentar de combustibil în sistem. Economia (sau consumul suplimentar) de combustibil în sistem, datorită extinderii UHE, este influenţată de caracterul dezvoltării predominante a centralelor termice din sistem şi de capacitatea dezvoltării sistemului. La creşteri rapide ale puterii sistemului, eficacitatea CTE noi nu diferă mult de cea a CTE existente, astfel că extinderea UHE este relativ mai avantajoasă.

Se menţionează totodată că în condiţii egale extinderea UHE de vîrf cu creşteri mici ale producţiei de energie este mai avantajoasă în sistemele care folosesc combustibili mai costisitori decît în sistemele care folosesc combustibili ieftini.

Se subliniază în încheiere necesitatea unor ipoteze simplificate care să reducă volumul de muncă necesar efectuării calculelor.

Articolul conţine şi un exemplu de calcul care uşurează asimilarea materialului.

em. c.

Exploatarea interconectată a energosistemelor RDG, RSC, RPP şi RPU. Müller H., *Energietechnik* nr. 7 (1961), p. 300—304.

În octombrie 1960, după încercări de exploatare, a început un schimb cvadripartit de energie electrică între R.D.G., R.P.P., R.S.C. şi R.P.U. Interconexiunile sînt realizate prin linii duble de 220 kV.

Motivele care au dus la această interconectare sînt:

1. Mărirea siguranţei de exploatare
2. Schimb de energie cvadripartit
3. Compensarea vîrfului
4. Ajutor în caz de avarii
5. Micşorarea rezervei de avarie
6. Reduceri de pierderi în reţele

Liniile de 220 kV permit în scurt timp schimburi de puteri de 200 MW.

Pentru anul 1965, se prevede că această interconexiune va aduce o reducere a vîrfului în cele patru ţări cu 270 MW.

În prima etapă schimbul de energie electrică s-a făcut parţial în exploatare dirijată, adică un număr variabil de maşini dintr-o centrală a unei ţări partenere alimenta separat de restul maşinilor prin linia de interconexiune sistemul ţării partenere.

În exploatare interconectată, între cele patru ţări socialiste, RSC preia conform situaţiei geografice reglarea frecvenţei într-o bandă stabilită de 49,8...50,2 Hz, în timp ce celelalte ţări partenere ţin puterea de schimb în toleranţe stabilite, garantate prin sancţiuni.

Compararea în timp a puterilor de schimb în exploatare radială prezintă temporar la cele patru locuri de transfer pendulări însemnate de puteri. Pentru a putea menţine în limite strînse frecvenţa şi puterea, este necesară o reglare automată în fiecare sistem. Cei patru parteneri au adoptat reglajul caracteristicii de reţea.

La schimbarea maşinilor în RSC pentru exploatare dirijată spre Austria se pun în paralel pentru scurt timp sistemele celor patru ţări cu blocul vesteuropean. Pentru comandă unică este necesar un dispecer central, prevăzut în etapa finală la Praga, iar pentru intercomunicare se prevede limba germană.

Comunicaţiile telefonice şi telegrafice precum şi telemăsurătorile locurilor de transfer trebuie să lege atît dispecerul central cît şi dispecerii naţionali.

Desfăşurarea exploatării reciproce se completează prin convenţii bilaterale. Într-un tarif trizonal s-a fixat schimbul în timp al energiei electrice. Raportul dintre timpul de noapte, restul zilei şi cel de vîrf este 0,7 :1 :2. Compensarea de vîrf şi ajutorul de avarii se face cu balanţă nulă în timpul unui trimestru.

Planurile de reparaţii ale fiecărei ţări se întocmesc în concordanţă cu exploatarea interconectată şi se trimit dispecerului cntral balanţe energetice lunare. Săptămînal şi zilnic programele operative se transmit telegrafic dispecerului central, iar avariile periculoase i se raportează telefonic imediat.

Pentru perioada după anul 1963 s-a prevăzut o interconectare a acestor ţări cu sistemul energetic al Ucrainei de vest prin nodul Mukacevo folosind linii de 400 kV.

g. f.

Electroenergetică

Actualităţi în reanimarea electrocutaţilor. Kittel H. *Energietechnik*, **11** (1961) nr. 4, p 179—181, 2 fig. 8 ref. bibl.

Accidentele de electrocutare sînt legate de tulburări ale activităţii inimii şi ale circulaţiei sîngelui care se traduc printr-o încetare a respiraţiei. În numeroase cazuri accidentatul poate fi salvat aplicîndu-i-se respiraţie artificială.

Primul ajutor se acordă de obicei înainte de sosirea medicului şi în cazul cînd electrocutarea este însoţită de arsuri sau răniri, aplicarea respiraţiei artificiale este mult îngreunată.

Dintre metodele de respiraţie artificială, două au devenit foarte cunoscute şi aplicate şi anume:

— metoda Holger-Nielsen (accidentatul stă culcat pe faţă)
— metoda Silvester Brosch (accidentatul stă culcat pe spate).

În unele ţări se preferă prima metodă în altele cea de-a doua. Avantajele şi dezavantajele ambelor metode au fost analizate însă în condiţii experimentale, în săli de operaţie.

Ambele metode prezintă dezavantajul că, în cazul unei poziţii incorecte a capului, poate avea loc o astupare a căilor respiratorii, care nu poate fi învinsă de mişcarea provocată a aerului. De asemenea aplicarea acestor metode poate fi impiedicată de existenţa arsurilor, rănilor sau fracturilor care însoţesc adesea electrocutarea.

Din 1958, în literatura medicală a început să se discute o nouă metodă de reanimare bazată pe insuflarea aerului expirat de persoana care acordă ajutorul în gura sau nasul accidentatului. Se ştie că aerul expirat conţine 80% din oxigenul inspirat.

Metoda a fost studiată şi propusă de dr. Safar (SUA). Ea a fost însă cunoscută mai demult de „medicina populară" şi a apărut prima oară în literatura medicală în 1772, a fost aplicată în 1744 la salvarea unui miner din Anglia, apoi a fost dată uitării şi folosită uneori la reanimarea noilor născuţi.

Noua metodă are o mare eficacitate respiratorică întrucît se poate introduce în plămîni un volum de 1—2 litri de aer, ceea ce nu se poate face prin celelalte metode. Aplicarea metodei are loc în general astfel:

Accidentatul este culcat pe spate, i se apasă capul mult spre ceafă şi cel ce acordă ajutorul inspiră adînc apoi insuflă aerul expirat aplicînd gura sa pe nasul sau gura accidentatului.

La insuflarea pe nas, gura accidentatului trebuie să fie ţinută închisă iar la insuflarea pe gură se ţine nasul astupat. Expirarea aerului de către accidentat se face în mod pasiv.

Suflarea trebuie făcută odată la 5 secunde şi suficient de puternic ca să se observe o ridicare a pieptului accidentatului. Pentru motive igienice se pune pe gură o batistă sau o bucată de cămaşă.

În afara eficacităţii ridicate, noua metodă este uşor de aplicat, poate fi folosită chiar şi în cazul cînd electrocutatul este rănit sau are fracturi şi poate fi aplicată timp îndelungat, pînă la sosirea medicului.

Ca un argument împotriva metodei reanimării cu gura se aduce faptul că prin insuflarea aerului se produce şi o balonare a stomacului, care are efecte nedorite.

Datorită avantajelor categorice ale reanimării cu gura, această metodă a început să fie recomandată obligatoriu într-o serie de ţări iar în altele se studiază rezultatele în vederea aplicării ei.

Asupra eficacităţii metodei au fost strînse rezultatele a numeroase încercări experimentale precum şi experienţa a circa trei ani de aplicare. Pe baza acestor date autorul recomandă să se ceară avizul medicilor şi să se ia o hotărîre asupra introducerii metodei şi în R.D.G.

o.r.

Inductanţa mutuală a liniilor de diverse tensiuni în schemele echivalente de secvenţă nulă. N. D. Gheinin, *Elektricestvo*, **81** (1960) nr. 7, p. 79—81.

Autorul arată că inductanţa mutuală a două linii de tensiuni diferite nu poate fi reprezentată prin formulele cunoscute. În adevăr, aceste formule, fie că furnizează reactanţele inductive în unităţi relative, fie că le furnizează în ohmi reduse la o tensiune de referinţă, nu exprimă corelaţia ce intervine între tensiunile diferite ale liniilor între care se calculează inductanţa mutuală.

În articol se indică premisele de calcul şi se deduc relaţiile pentru stabilirea inductanţei mutuale între două linii ce funcţionează la tensiuni diferite. Aceste relaţii depind de produsul tensiunilor liniilor şi au următorul aspect:

În unităţi relative:

$$X_m = X_m \frac{P_b}{U_1 \cdot U_2} \cdot$$

În ohmi, valoare redusă la tensiunea de referinţă U_r:

$$X_{m.red} = X_m \frac{U_r^2}{U_1 \cdot U_2},$$

în care:

X_m — reactanţa inducţiei mutuale;
P_b — puterea de bază;
U_1, U_2 — tensiunile de linie ale celor două reţele.

În articol se prezintă un exemplu de calcul.

em. c.

Asupra eficacităţii utilizării liniilor de interconexiune dintre sisteme pentru alimentarea sarcinilor locale, distribuite. (Lo-Bai-Ciau, *Elektricestvo* nr. 1, 1961, pp. 1—8).

Scopul articolului este precizarea condiţiilor în care liniile de interconexiune pot fi utilizate economic pentru alimentarea cu energie electrică a raioanelor cu sarcină distribuită.

Problema poate fi rezolvată prin compararea unor variante de scheme de alimentare centralizată cu variante de scheme de alimentare descentralizată, în funcţie de cheltuielile relative de calcul $C = C_{an} + \frac{I}{\tau_C}$.

În această expresie C reprezintă cheltuielile relative de calcul, C_{an} — cheltuielile anuale iar I-investiţiile.

Prin variante de alimentare descentralizată se înţelege construirea de centrale de condensaţie funcţionînd izolat. Din compararea variantelor a rezultat puterea optimă a centralelor izolate, în cazul variantelor cu alimentare descentralizată şi puterea optimă a staţiilor de transformare, în cazul variantelor cu alimentare centralizată. În funcţie de densitatea de sarcină rezultă mărimea raionului ce poate fi alimentat în condiţii economice.

Rezolvarea problemei a necesitat luarea în considerare a numeroşi factori: densitatea sarcinii locale distribuite, tensiunea liniei de interconexiune, regimul de funcţionare al liniei de interconexiune, amplasarea consumatorilor faţă de linia de interconexiune şi staţia ei de capăt, costul combustibilului folosit în centralele locale şi cele ale sistemului etc.

În articol sînt deduse ecuaţiile de investiţii şi cheltuieli anuale pentru ambele tipuri de variante.

Autorul ajunge la concluzia că sarcina minimă care este economic să fie alimentată prin surse concentrate racordate la liniile de interconexiune este de $4 \div 9$ MW pentru $U_{int} = 400$ kV şi $6 \div 10$ MW pentru $U_{int} = 600$ kV.

Puterea optimă a staţiilor de transformare este cuprinsă între 15 şi 120 MVA.

m.c.

Studiul dinamic al reţelelor de repartiţie şi de distribuţie a energiei electrice. Calvet D. şi Mestres C., *R.G.É.* **70** (1961, nr. 1, pp. 19—38).

Studiile economice de reţele trec în prezent de la modul static la modul dinamic de analiză.

În modul static de analiză sînt comparate investiţiile şi cheltuielile anuale corespunzătoare soluţiilor de dezvoltare a reţelei, astfel ca această reţea să corespundă consumului zonei pe care o deserveşte într-o anumită etapă, precis definită.

Prin modul dinamic de analiză, introducîndu-se pentru datele ale căror valori se schimbă în timp relaţii ce pot exprima această variaţie, se poate determina dezvoltarea optimă a reţelei examinate de-a lungul unei întregi perioade. Pentru a se simplifica într-o oarecare măsură calculul, se efectuează pentru fiecare configuraţie posibilă de reţea mai multe optimizări parţiale prin care se stabilesc caracteristicile aparatajului, succesiunea optimă a secţiunilor liniilor aeriene sau cablurilor etc.

Optimul general se stabileşte comparîndu-se succesiunea în timp a diferitelor configuraţii de reţea examinate.

Sarcinile electrice sînt incluse în calcul prin mărimile statice care le caracterizează:

a) abaterile tip

$$\sigma_p^2 = \overline{p^2} - \overline{p}^2, \qquad \sigma_q^2 = \overline{q^2} - \overline{q}^2$$

în care:

$$\overline{p} = \frac{W_p}{T} \text{ şi } \overline{q} = \frac{W_q}{T}$$

reprezintă valorile medii ale puterilor active şi reactive consumate într-un an ($T = 8\,760$ ore)

$$\text{iar } \overline{p^2} = \frac{1}{T}\int_0^T p^2(t)\,dt \text{ şi } \overline{q^2} = \frac{1}{T}\int_0^T q^2(t)\,dt$$

reprezintă mediile pătratice de timp ale aceloraşi puteri

b) rapoartele $\eta_p = \frac{\sigma_p}{\overline{p}}$ şi $\eta_q = \frac{\sigma_q}{\overline{q}}$

care sînt caracteristice pentru anumiţi consumatori şi

c) coeficienţii de corelaţie dintre două sarcini i şi j

$$r_{p_i p_j} = \frac{\int_0^T [p_i(t) - \overline{p}_i)]\,[(p_j(t) - \overline{p}_j)]\,dt}{\sigma_{p_i} \cdot \sigma_{p_p}} \cdot r_{q_i q_j} \text{ şi } r_{p_i q_j}$$

Ultimii doi coeficienţi au expresii similare cu cea a primului.

Acest mod de analiză a dezvoltării unei reţele este ilustrat printr-un studiu asupra reţelelor de repartiţie de 63 kV, a reţelelor de 30 kV, a reţelelor de distribuţie de 11,15 şi 20 kV din regiunea Reims, care este expus în mod detaliat.

În anexă sînt date valorile numerice obţinute pentru mărimile statistice care caracterizează consumul industrial, urban şi rural.

m.c.

Aplicaţia maşinilor de calculat numerice la studiul sistemelor energetice. A l e k s a n d e r S a n k o w s k i *l'Elettrotecnica* **48** (1961) nr. 3, pp. 146—158.

În linii mari studiile referitoare la sisteme energetice pot fi grupate în două categorii: 1) repartiţia de puteri şi determinarea nivelelor de tensiuni în regim permanent; 2) determinarea curenţilor de scurtcircuit şi a modului dinamic de comportare al sistemului în timpul şi după eliminarea defectului. Rezolvarea acestor probleme implică utilizarea maşinilor de calcul numerice sau meselor de curent alternativ.

Autorul pleacă de la forma nodală de scriere a ecuaţiilor pe baza bilanţului puterilor din nod fiecare legătură cu nodurile vecine fiind substituită printr-un cuadripol echivalent. Se ajunge la un sistem de $2N$ ecuaţii cu $2N$ necunoscute unde N este numărul nodurilor, care se rezolvă prin aproximaţii succesive cu ajutorul unui calculator numeric. Se ilustrează calculul printr-un exemplu numeric.

Se arată modul de calcul al curenţilor de scurtcircuit simetrici şi nesimetrici considerîndu-se mărimile ca modul şi fază ale f.e.m. subtranzitorii, tranzitorii şi sincrone. În acest scop se scriu expresiile curenţilor din linii în funcţie de tensiunile nodurilor de la capete şi se substituie apoi acestor tensiuni forţele electromotoare din spatele reactanţelor surselor. Metodele prezentate insistă asupra posibilităţilor pe care le oferă calculatoarele numerice de a se considera toţi factorii care pot influenţa rezultatele.

a. r.

Hidroenergetică

Cîteva rezultate experimentale asupra pierderilor de sarcină locale datorită formării dunelor de nisip în canalele cu fund mobil. P a n t e l o p u l o s I., *L'Energia Elettrica* **6** (1961) p. 522—527.

Pentru studiul pierderilor de sarcină datorită formării dunelor de nisip şi pietriş în canalele cu fund mobil, autorul a întreprins o serie de încercări de laborator. Încercările au fost efectuate într-un canal cu pantă variabilă folosind atît materiale uniforme cît şi un amestec de materiale, adîncimea apei din canal fiind constantă.

Studiile experimentale efectuate indică următoarele:

— Mişcarea materialelor pe fundul canalului nu are în prima fază o influenţă sensibilă asupra coeficientului pierderilor de sarcină; acesta rămîne acelaşi ca şi în cazul cînd particulele sînt imobile.

— Apariţia dunelor este cauza principală a creşterii coeficientului pierderilor de sarcină. Pierderile de sarcină locale datorită prezenţei dunelor constituite din materialele cele mai fine pot să depăşească în importanţă pierderile de sarcină prin frecare, datorită rugozităţii granulelor care formează patul canalului.

— Formarea şi dezvoltarea dunelor este urmată de o creştere relativ rapidă a coeficientului pierderilor de sarcină. Dunele apar mult mai uşor la paturile constituite din material cu un amestec de granule de diverse diametre.

d.sp.

Termoenergetică

Centrala termoelectrică Champagne-sur-Oise. A. G r a s s m a n *BWK*, **13** (1961) nr. 5, pag. 223—225, 4 fig.

La centrala Champagne-sur-Oise urmează să fie pus în funcţiune în cursul anului 1961 primul bloc de 250 MW din Franţa. Al doilea bloc de aceeaşi putere va intra în exploatare în 1964.

Turbina are 4 corpuri şi 4 racorduri de evacuare. Parametrii aburului la admisie sînt 140 at şi 565°C cu supraîncălzire intermediară la 35 at, 56,5°C. Presiunea în condensator este de 0,035 ata. Debitul apei de răcire 9,8 m³/s la o temperatură nominală de 15°C. Preîncălzirea regenerativă se face în 9 trepte pînă la 255°C. La sarcina nominală consumul de căldură brut e de 1875 kcal/kWh. Tensiunea la bornele generatorului 12,4 kV ($\cos \varphi = 0{,}8$). Presiunea hidrogenului 2 at.

Cazanul de 770 t/h cu circulaţie naturală are un focar dublu. La arderea unui cărbune avînd puterea calorifică de 5 800 kcal/kg, randamentul cazanului e de 88,6%. Temperatura gazelor arse la coş de 120°C. Preîncălzirea aerului se efectuează de la 27°C la 290°C.

Cele 3 pompe de alimentare au antrenare electrică. Fiecare e dimensionată pentru 50% din sarcina nominală.

Capacitatea depozitului de combustibil e de 250 000 t.

Volumul specific al clădirilor e de 0,52 m³/kW.

Randamentul termic net la sarcina nominală atinge 38,35%.

i.g.

Noile Prescripţii tehnice de exploatare ale centralelor şi reţelelor. *Energhetik* **9** (1961), nr. 5, pag. 1—3.

În scurt timp urmează să apară noile Prescripţii tehnice de exploatare ale centralelor şi reţelelor. În perioada celor 8 ani care au trecut de la ediţia precedentă, puterea instalată în centrale a crescut de 2,5 ori iar ponderea agregatelor de înaltă presiune a ajuns la 65%. A crescut rolul gazelor şi păcurii în balanţa de combustibil. S-a extins automatizarea şi mecanizarea proceselor tehnologice.

În cadrul noilor prescripţii se prevede ca în perioada probei complexe, care precede darea în folosinţă industrială, agregatele să funcţioneze la plină sarcină cu parametrii nominali, iar aparajul pentru control automatizare, protecţie şi semnalizare să fie montat în întregime.

Se prevede volumul obligatoriu al instalaţiilor de semnalizare, protecţie şi automatizare pentru cazanele de peste 50 t/h. Cazanele cu presiunea de peste 110 ata vor avea dispozitive pentru spălare acidă sau bazică şi pentru conservare. În cazul arderii de păcură cu conţinut ridicat de sulf va exista posibilitatea introducerii de adaosuri care să reducă temperatura de rouă.

Sînt făcute precizări noi în problemele reglajului şi protecţiei turbinelor precum şi a automatizării instalaţiilor auxiliare.

Se acordă atenţie, măsurilor pentru buna funcţionare a gospodăriei de combustibil. Temperatura în instalaţiile de preparare şi transport a cărbunelui nu va fi mai mică de 15°. Înventarierea stocului din depozite se va face trimestrial.

Se stabilesc norme noi pentru regimul chimic. În scopul prevenirii coroziunii echipamentelor se va asigura îndepărtarea gazelor din schimbătoarele de căldură. Rezervoarele şi instalaţiile de preparare ale apei vor fi protejate prin acoperire cu materiale anticorosive.

E tratată în amănunt problema exploatării centralelor hidraulice şi staţiilor de transformare fără personal de supraveghere.

Sînt modificate capitolele privind instalaţiile electrice şi de comandă prin dispetching.

Se prevede mărirea intervalului dintre reparaţiile capitale ale utilajelor.

Prescripţiile prevăd contopirea unor secţii şi servicii iar în anumite cazuri se indică o schemă de organizare fără secţii, eventual chiar o conducere unică pentru mai multe centrale.

i. g.

Modificarea normelor tehnologice în noile Prescripţii tehnice de exploatare ale centralelor şi reţelelor. B. O. L o ş a k, *Energhetik*, **9** 1961), nr. 6, pag. 1—4, 4 tab.

În noile Prescripţii tehnice de exploatare ale centralelor şi reţelelor se prevăd modificări ale normelor tehnologice.

Valorile pătrunderilor de aer fals de la ieşirea din supraîncălzitor pînă la ieşirea din ventilatorul de gaze arse vor fi limitate în funcţie de debitul cazanului. Valorile limită vor fi pentru cazanele sub 75 t/h de 12%, 75—230 t/h—8% iar peste 230 t/h—5%. În cazul existenţei unor instalaţii de separare a cenuşei, Valorile vor fi majorate cu 5% la separarea umedă sau prin cicloane şi cu 10% la folosirea electrofiltrelor sau a unor sisteme în 2 trepte.

Pentru cantitatea purjărilor se fixează următoarele limite: În cazul preparării apei de adaos în scheme cu vaporizatoare sau instalaţii de demineralizare 0,3—0,5%, iar în cazul preparării chimice de 1—3%. Cu condiţia evitării depunerilor şi

coroziunilor se poate funcționa cu purjări sub valorile inferioare. În situațiile în care cantitatea de condensat nereturnat depășește 40% din debitul sălii de cazane se admit purjări pînă la 5%.

Pierderile interne de apă-abur (în afara purjărilor) vor fi de cel mult 1,5% la presiuni sub 100 ata și 1% la 100 ata și mai mult. La centralele care livrează abur pentru scopuri tehnologice se admit valori mărite de 1,2 ori.

În cadrul articolului sînt reproduse de asemenea noile norme pentru parametrii chimici ai circuitului apă-abur.

i. g.

Folosirea analizatoarelor de gaze cromatografice de tip GST-L pentru încercările camerelor de ardere ale turbinelor cu gaze. M. A. Poliatkin, A. A. Șatil, A. M. Popova, *Energomașinostroienie* **7** (1961) nr. 4, 4 fig, 2 tab, 4 ref. bibl.

La Institutul TKTI a fost confecționat și experimentat noul tip de analizatoare de gaze GST-L, funcționînd pe principiul cromotografierii. Analizatorul are 2 coloane de absorbție (diametrul interior 8 mm, lungimea 240 mm). În prima coloană se folosește ca substanță absorbantă cărbune activat marca AG, pentru separarea metanului, oxidului de carbon și hidrogenului. În coloana a 2-a se face separarea hidrocarburilor de la etan la butan cu ajutorul silicagelului marca ASM. Rezistențele active ale punții, R_1 și R_2, sînt spirale de platină ∅ 0,05 mm, de 1 Ohm iar rezistențele R_3, R_4 sînt din manganin, avînd cîte 10 Ohm. Drept instrumente de măsură se folosesc un microampermtru M—24 cu scala de 0—200 μA și un potențiometru înregistrator EPP—09. În calitate de mediu purtător se folosește aerul.

Instrumentul este transportabil. Într-un interval de 4—5 ore se pot executa 60 măsurători. Sensibilitatea măsurătorilor este de 0,004% la hidrogen — 0,006% la oxid de carbon și 0,010 % la metan.

Analizatorul poate fi folosit la toate încercările termotehnice la care se face determinarea nearselor chimice. Măsurătorile făcute la camerele de ardere ale turbinelor, cu gaze în condiții de exces de aer ridicat, au dat rezultate concludente.

i. g.

Utilizarea analizei cromatografice a gazelor la încercările cazanelor. A. K. Vnukov și P. P. Dzedzik, *Elektriceskie stanții* **32** (1961) nr. 5, pag. 12—15, 5 fig., 1 tab. 7 ref. bibl.

La arderea incompletă a combustibililor cu volatile multe, a gazelor și păcurii, vor apărea în gazele arse CO, H_2 și CH_4. În cazul cărbunilor cu volatile reduse va exista în gazele de ardere CO. Metodele clasice folosite pentru determinarea nearselor chimice sînt greoaie și insuficient de precise. O probă cu aparatul VTI—2 durează 4 ore și are o precizie de 0,2—0,25% abs. Determinarea componentei q_3 se face cu o aproximație de ±1,0—1,5% abs. Aceste metode nu permit executarea unor încercări judicioase privind comportarea arzătoarelor și calitatea arderii în focare. O metodă modernă aplicată în ultimul timp constă în determinarea nearselor chimice pe cale cromotografică.

Componentele care urmează să fie determinate sînt transportate de un gaz purtător printr-o coloană de absorbție. Diferitele componente parcurg coloana cu viteze diferite. Succesiv vor apărea H_2, CO și CH_4. În cazul în care coloana are o lungime corespunzătoare, intervalul între componente va fi de 10—20 s. Determinarea cantitativă se face trecînd curentul de gaze printr-o celulă de măsură etalonată în prealabil cu gaze pure, realizîndu-se o ardere catalitică a componentelor H_2, CO și CH_4 cu ajutorul unui fir de platină montat într-o punte. Instrumentul de nul poate fi indicator sau înregistrator.

În condiții de exploatare se pot face zilnic pînă la 100 analize. Sensibilitatea procedeului de măsură e 0,003% abs. la hidrogen și 0,005% abs. la metan și oxidul de carbon. Determinarea componentei q_3 se face cu o eroare de 0,1% abs.

i. g.

MŰSZAKI MÚZEUM 1883

СОДЕРЖАНИЕ

ДК 621.311.21 :621.65/67(43)

Cogălniceanu Al. : **Гидроэлектростанции нагнетания в ГДР.**

Представлены энергетические ресурсы ГДР, развитие и перспективы развития энергетики до 1980 года, объясняя появление станций нагнетания. Затем описываются наиболее важные станции нагнетания ГДР, находящиеся в эксплуатации или строительстве.

Energetica, 9(1961) № 11, стр. 421—432

ДК 621.316.266.001

Nitu V. I. : **Новая схема для трансформаторных станций и станции напряжением в 6 и 10 кв.**

В статье разбирается последовательность аппаратов на выходе и в особенности место реактивной катушки. Предлагается новая схема, позволяющая внедрение готовых капсульных ячеек, и улучшаются некоторые недостатки известных схем.

Energetica, 9(1961) № 11, стр. 433—439

ДК 621.5.669.004

Niculescu I. : **Новая техника в области использования пневматической энергии в металлургической промышленности.**

Излагаются и демонстрируются преимущества использования сжатого воздуха в поршневых экспансионных машинах.

Energetica, 9(1961) № 11, стр. 440—452

ДИСКУССИИ

ДК 621.3.016.25 : 621.311.003.1

Arie E. : **Учет капиталовложений станции при расчете эффективности компенсации реактивной мощности.**

Приводятся замечания относительно критериев оценки эффективности компенсации реактивной мощности, особенно подчеркивая неоходимость учета в расчетах необходимых капиталовложений станций для обеспечения расходуемой активной мощности из-за потерь и для создания некомпенсированной мощности.

Energetica, 9(1961) № 11, стр. 453—458

ХРОНИКА, 459—461

РЕЦЕНЗИИ, 462—463

ДОКУМЕНТАЦИЯ, 464

INHALTSVERZEICHNIS

DK 621,311.21 :621.65/67 (43)

Cogălniceanu Al. : **Die Pumpen-Wasserkaftwerke der DDR**

Man gibt die Energiequellen der DDR, die Entwicklung und die Entwicklungsaussichten der Energie bis 1980 an, um das Auftreten der Pumpenkraftwerke zu rechtfertigen. Dann werden die wichtigsten (im Betrieb oder im Bau befindlichen) Pumpenkraftwerke der DDR beschrieben.

Energetica, 9(1961) H. 11, S. 421—432

DK 621.316.268.001

Nitu V. I. : **Ein neues Schaltungsschema für die Zentralen und für die Transformatorenstationen bei Spannungen von 6 und 10 kV.**

Der Aufsatz befasst sich mit der Reihenfolge des Apparates in Abgangsleitungen, vor allem mit der Einsatzstelle der Drosselspulen. Es wird ein neues Schema vorgeschlagen, welche die Einführung der vorgefertigten gekapselten Zellen erlaubt und dadurch gewisse Mängel der bekannten Schemata beseitigt.

Energetica, 9(1961) H. 11, S. 433—439

DK 621.5 :669.004

Niculescu I. : **Die neue Technik der Verwendung von pneumatischer Energie in der Metallindustrie.**

Darstellung und Beweisführung der Vorteile bei Verwendung von Druckluft in Expansions-Kolbenmaschinen.

Energetica, 9(1961) H. 11, S. 440—452

BESPRECHUNGEN

DK 621.3.016.25 :621.311.003.1

Arie E. : **Die Berücksichtigung der Investitionen in Zentralen bei der Wirksamkeitsberechnung der Kompensation der Scheinleistung.**

Der Aufsatz enthält Bemerkungen über die Beurteilungskriterien der Kompensationswirksamkeit der Scheinleistung und unterstreicht besonders die Notwendigkeit, bei den Berechnungen die in den Zentralen notwendigen Investitionen zur Sicherung der durch Verluste verbrauchten Wirkleistung und zur Erzeugung der nichtkompensierten Leistung zu berücksichtigen.

Energetica, 9(1961) H. 11, S. 453—458

CHRONIK, 459—461

BUCHBESPRECHUNGEN, 462—463

DOKUMENTATION, 464

SOMMAIRE

CD 621,311.21 :621.65/67(43)

Cogălniceanu Al. : **Les usines hydro-électriques à pompage dans la République Démocratique Allemande.**

On presente les ressources énergetiques de la République Démocratique Allemande, l'état actuel et les perspectives de développement de l'énergétique jusqu'en 1980, pour justifier l'apparition des usines à pompage. On décrit ensuite les plus importantes usines à pompage de la République Démocratique Allemande, déja mises en exploitation, ou en cours de construction.

Energetica, 9(1961) no. 11, p. 421—432

CD 621.316,268,001

Nitu V. I. : **Un nouveau schèma pour les contrôles et les stations de transformation aux tensions de 6 et de 10 kV.**

L'article traite de la succesion de l'appareillage des départs et spécialement de l'emplacement des bobines à réactance. On propose un nouveau schèma qui permet l'introduction des cellules préfabriquées capsulées et qui remédie certains défauts des schèmas déjà connus.

Energetica, 9(1961) no. 11, p. 433—439

CD 621.5 :669,001

Niculescu I. : **Technique nouvelle concernant l'utilisation de l'énergie pneumatique dans l'industrie métallurgique.**

L'auteur expose et démontre les avantages de l'utilisation de l'air comprimé dans les machines pourvues de piston à expansion.

Energetica, 9(1961) no. 11, p. 440—452

DISCUSSIONS

CD 621.3.016.25 :621.311.003.1

Arie E. : **Rôle des investissements des centrales dans le calcul de l'efficacité de la compensation de la puissance réactive.**

L'article comprend des observations sur les critères d'évaluation pour l'efficacité de la compensation de la puissance réactive ; l'auteur souligne la nécessité de tenir compte, dans les calculs, des investissements nécessaires dans les centrales pour assurer la puissance active consommée à cause des pertes et pour produire la puissance noncompensée.

Energetica, 9(1961) no. 11, p. 453—458

CHRONIQUE, 459—461

COMPTES RENDUS, 462—463

DOCUMENTATION, 464

CONTENTS

DC 621.11.21 :621.65/67(43)

Cogălniceanu Al. : **The hydroelectric pumping works in the German Democratic Republic.**

The power resources of the G.D.R., the development and development prospects of energetics until 1980 are being presented thus explaining the utilization of pumping works. A description is given of the most important pumping works (in operation or in process of construction) in this country.

Energetica, 9(1961)210.11, p. 421—432

DC 621.316.268.p001

Nitu V. I. : **A new scheme for the transformer stations at tensions of 6 and 10 kV.**

This paper deals with the succession of the starting apparatus with particular reference to the location of reactance bobbins. A new scheme enabling the introduction of capsuled prefabricated cells and likable to overcome some drawbacks of the existing schemes is being suggested.

Energetica, 9(1961) no. 11, p. 433—439

DC 621.669.004

Niculescu I. : **Up-to-date technics concerning the employment of the pneumatic power in the metallurgical industry.**

The author points out and demonstrates the advantages of the utilization of compressed air in expansion piston engines.

Energetica, 9(1961), no. 11, p. 440—452

DISCUSSIONS

DC 621.3.016.25 :621.311.003.1

Arie E. : **Considering the investments required by the power stations in the calculus concerning the effectiveness of reactive power compensation.**

Some observations are being made on the criteria serving to estimale the effectiveness of the reactive power compensation emphasizing the necessity of taking into account the investments requisite for providing in power stations the active power consumed by losses and producing the non compensated power.

Energetica, 9(1961) no. 11, p. 453—458

CHRONICLE, 459—461

REVIEWS, 462—463

DOCUMENTATION, 464

(Urmare de pe coperta a II-a)

2.2.3. *Dezvoltările matematice* vor fi limitate la cele absolut necesare înțelegerii raționamentului matematic. Este suficientă, în general, punerea în ecuație și indicarea rezultatelor. Pentru demonstrații se vor alcătui anexe (v. pct. 2.1.7).

2.2.4. *Tabelele* se vor folosi în cazul cînd date numerice importante nu pot fi reprezentate grafic satisfăcător. Nu se admite folosirea concomitentă a datelor numerice sub formă de tabelă și diagramă. Tabelele vor fi referite în text și se va indica sursa lor.

2.2.5. *Materialul grafic ilustrativ* (figuri, fotografii) va permite reprezentarea clară și intuitivă a unor idei, puncte de vedere. Ele trebuie să completeze expunerea din text și vor fi referite cu grijă în text, indicîndu-se sursa lor.

2.2.6. *Sistematizarea și numerotarea* capitolelor se va face cu grijă, evitîndu-se excese. Se recomandă utilizarea sistemului zecimal.

2.3. Forma exterioară a lucrării

2.3.1. *Terminologie, mărimi și unități.* Se recomandă a fi conforme cu normele internaționale și STAS-urile în vigoare.

2.3.2. *Scrierea formulelor.* Se recomandă o atenție deosebită scrierii formulelor conform STAS. Indicii și exponenții se vor scrie mai mici decît baza și așezați mai jos sau mai sus decît baza. Se vor scrie, de asemenea, cu grijă literele majuscule, minuscule sau cele ruseşti, romane, greceşti, germane etc. Numerotarea formulelor se va face în dreapta, în paranteze rotunde.

2.3.3. *Figurile* trebuie executate unitar și rațional. Ele vor fi numerotate în continuare. Fotografiile vor fi pe hîrtie strălucitoare alb-negru. Explicația figurilor se va face pe o pagină separată.

2.3.4. *Notele* din text se numerotează în continuare.

2.3.5. *Citarea* literaturii în text se face prin simpla indicare a poziției lucrării din cadrul listei bibliografice, în paranteze drepte, fără alte menționi.

2.3.6. *Lista bibliografică* se va întocmi cuprinzînd lucrările la care se referă textul (cît și figuri sau tabele), speciale cît și cele generale. Se vor indica toate datele în transcripții originale. Pentru cărți: numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet (eventual și tradus, în paranteze), ediția, editorul, locul editării, anul. Pentru articole: numele complet, prenumele prescurtat, titlul complet original (eventual și tradus, în paranteze), revista, tomul, anul, numărul, pagina.

2.3.7. *Scrisul la mașină* al articolelor este recomandat cu insistență, exceptîndu-se lucrările scrise caligrafic. Se scrie pe o singură față, la două rînduri (2 000 semne pe pagină). În partea stîngă a foii se lasă o margine de 5 cm.

2.3.8. *Paginația* se face în continuare. Se recomandă un volum de 10—12 pagini pentru articole.

2.3.9. *Expedierea.* Lucrările (în dublu exemplar) vor fi prinse cu agrafe. Manuscrisul se expediază cu paginile întinse format A_4 și cu plicul conținînd materialul grafic-ilustrativ anexat.

3. RELAȚII CU REDACȚIA

3.1. Nu se admite trimiterea concomitentă a textului la alte publicații.

3.2. Articolele se trimit cu o notă însoțitoare pe adresa redacției. În notă se vor indica: titluri academice, funcțiuni, localitatea și adresa domiciliului, nr. de telefon.

3.3. Lucrările executate în cadrul diverselor instituții sau organizații vor purta aprobarea acestora de publicare.

3.4. Corecturile se vor face după normele tipografice în vigoare.

3.5. Corecturile trimise autorilor vor fi înapoiate în maximum 48 de ore de la primire. Nu se admit modificări esențiale față de manuscris. Modificări importante ale manuscrisului cad în sarcina autorului.

E 2039

KAT

R

REFERALVA

ENERGETICA

12

Energetica — Vol. 9 — decembrie 1961 nr. 12/1961 — p. 469-516 — Bucureşti

Cuprinsul revistei Energetica

Volumul 9, 1961

1. Articole de fond şi redacţionale

1. A 40-a aniversare a creării Partidului Comunist din Romînia — o măreaţă sărbătoare a poporului nostru, nr. 5, pag. 173.
2. Planul tematic al revistei Energetica pe anul 1962, nr. 12, pag. 469.

2. Articole economice şi tehnico-organizatorice

1. *Bălan Gh.* : Contribuţia întreprinderii pentru raţionalizarea şi modernizarea instalaţiilor energetice (I.R.M.E.) la ridicarea nivelului tehnic al exploatării şi întreţinerii instalaţiilor energetice, nr. 5, pag. 179.
2. *Arie E.* : Considerarea investiţiilor din centrale în calculul eficacităţii compensării puterii reactive, nr. 11, pag. 453.

3. Energetică generală

1. *Cazacu C.* şi *Pănoiu N.* : Primele încercări de ardere în pat fluidizat cu cărbuni romînești, nr. 1, pag. 19.
2. *Florescu A.* : Asupra anumitor forme noi de transformare directă a energiei termice, chimice şi nucleare în energie electrică. De la bateria solară la magnetohidrodinamică, nr. 6, pag. 237.
3. *Bernfeld D.* : Stadiul actual şi perspectivele utilizării energiei eoliene în R.P.R., nr. 9, pag. 358.
4. *Perussi P.* : Prăjirea piritelor în strat fluidizat, exemplu de proces energo-tehnologic, nr. 10, pag. 385.
5. *Secară Gh.* şi *Zamfir V.* : Experimentări şi rezultate privind valorificarea energetică a unor cărbuni indigeni locali, nr. 10, pag. 389.
6. *Niculescu I.* : Tehnica nouă privind utilizarea energiei pneumatice în industria metalurgică, nr. 11, pag. 440.

4. Termoenergetică

1. *Dinulescu C.* : Încercări de pornire rapidă a unui cazan T.G. 170—1 după opriri la goluri de noapte, nr. 1, pag. 14.
2. *Dinulescu C.* : Încercări de pornire rapidă a agregatelor energetice din centralele electrice, nr. 2, pag. 47.
3. *Brebenel D.* : Folosirea fenomenului de rezonanţă la măsurarea vibraţiilor paletelor turbinelor cu abur sau gaze, nr. 2, pag. 68.
4. *Ungureanu C.* : Unele rezultate cu privire la distribuirea jeturilor pe secţiunea la injectoare pneumatice, nr. 3, pag. 94.
5. *Szekely L.* : Tendinţe actuale în aprecierea calităţii uleiurilor de ungere, nr. 3, pag. 101.
6. *Iliescu Th.* : Schema economică pentru funcţionarea răcitoarelor degazorilor, nr. 4, pag. 151.
7. *Golici D.* : Modificarea ejectoarelor turbinelor CMR de la CTE Brăila, nr. 4, pag. 154.
8. *Voinea M.* şi *Beldiman M.* : Primele lucrări de termoficare executate în oraşul Bucureşti, nr. 5, pag. 182.
9. *Grecu T.* şi *Aschendorf A.* : Utilizarea turbinelor cu vid înrăutăţit pentru termoficare, nr. 6, pag. 221.
10. *Ghia V. V.* : Arderea cu recirculaţie la care aerul necesar arderii se preîncălzeşte, aplicată la cuptoare, nr. 6, pag. 228.
11. *Stanislavievici L.* : Demineralizarea totală a apei. Principiile controlului în exploatare, nr. 6, pag. 242.
12. *Antonescu N.* : Consideraţii asupra mărimii optime a ecranelor intermediare la cazanele moderne cu combustibil gazos, nr. 7, pag. 275.
13. *Brebenel D.* : Măsuri ce se pot lua pentru scoaterea din rezonanţă a paletelor de turbine cu abur, nr. 7, pag. 280.
14. *Vladimir N.* : Consideraţii relative la îmbunătăţirea randamentului centralelor termoelectrice vechi, prin introducerea preîncălzirii regenerative a apei de alimentare, nr. 7, pag. 284.
15. *Iliescu Th.* şi *Grosz I.* : Probe de funcţionare cu vid înrăutăţit a unei turbine de 2 000 kW, nr. 8, pag. 312.
16. *Nacu H.* : Unele observaţii din exploatarea de lungă durată a unui cazan de abur de parametri ridicaţi, nr. 8, pag. 316.
17. *Burducea C.* şi *Curelaru S.* : Consideraţii asupra vicierii atmosferei prin gazele evacuate pe coşurile centralelor electrice, nr. 9, pag. 399.
18. *Munteanu R.* : Măsuri împotriva eroziunilor provocate de praful de cărbune şi cenuşa din gazele arse, nr. 9, pag. 351.
19. *Pănoiu N.*, *Carabogdan I.*, *Singer G.*, *Schwartz M.* şi *Petcu M.* : Cazanul de 10 t/h pe lignit echipat cu grătar cu împingere răsturnată, nr. 10, pag. 396.

5. Electroenergetică

1. *Mihăileanu C.* : O metodă de prezentare unitară a releelor de distanţă şi direcţionale, nr. 1, pag. 1.
2. *Ionescu G.* şi *Ioniţă Gh.* : Construcţia unei staţii de redresare automatizată, nr. 1, pag. 26.
3. *Gheorghiu N.* : Un nou sistem de distribuţie de înaltă tensiune pentru electrificări rurale, folosind tensiunea intermediară de 1 kV, nr. 2, pag. 41.
4. *Ionescu V.* : Aspecte noi în reglarea automată a frecvenţei şi a puterii active în sistemele energetice, nr. 2, pag. 52.
5. *Semlyen A.* : Determinarea pe model a repartizării optime a sarcinii între centrale, ţinînd seama de pierderile în reţea, nr. 2, pag. 58.
6. *Marc D.* : Cu privire la revizuirea prescripţiilor şi instrucţiunilor de protecţie împotriva supratensiunilor a instalaţiilor electrice cu tensiune peste 1 000 V, nr. 2, pag. 73.
7. *Dimo P.* şi *Moraile G.* : Analiza unui sistem electroenergetic complex cu patru centrale prin metoda nodală a curenţilor la scurtcircuit, nr. 3, pag. 81.
8. *Rădulescu V.* : Metodă pentru topirea electrică a chiciurei pe linii de 1 000 kV, nr. 4, pag. 125.
9. *Vlădeanu V.* : Contribuţia I.R.M.E. la realizarea şi dezvoltarea telecomunicaţiilor prin curenţi purtători în instalaţiile electrice din R.P.R., nr. 4, pag. 133.
10. *Popescu M.* : Echipament de telefonie prin curenţi purtători pe linii de transport de energie cu bandă laterală unică, nr. 4, pag. 138.
11. *Ghitta L.* şi *Cigusievici M.* : Bobine de blocaj pentru înaltă frecvenţă pe liniile de transport de energie, nr. 4, pag. 141.
12. *Badea I.* : Protecţia transformatoarelor de putere contra defectelor interne printr-o metodă simplă, nr. 4, pag. 146.

(Continuare pe coperta III-a)

E 2039

MŰSZAKI KÖNYVTÁR 1883

ENERGETICA

ANUL 9 Nr. 12 DECEMBRIE 1961

CUPRINS

* * * : **Planul tematic al revistei Energetica pe anul 1962**
Energetica *9* (1961) nr. 12, p. 469–472

CZ 621.316.1.052.2.001.1

Potolea E. : **Scheme echivalente pentru liniile două conductoare — pămînt**

În lucrare se face deducerea schemelor echivalente ale liniilor două conductoare-pămînt, atît prin metoda calculului matricial cît şi prin metoda componentelor simetrice. Pe lîngă schemele echivalente cunoscute din literatură, se deduc şi unele scheme noi.

Energetica *9* (1961) nr. 12, p. 472–480

CZ 621.311.177 :621 – 523.001

Ionescu S., Pomîrleanu M. şi *Nicolae P.* : **Dispecerul automat — mijloc de reglaj al frecvenţei şi al repartiţiei optime a puterilor active în sistemele energetice**

În articol se prezintă principiile de funcţionare şi modurile posibile de realizare a dispecerilor automaţi, în scopul reglajului automat al frecvenţei şi al repartiţiei economice a puterilor active în sistemele energetice

Energetica, *9* (1961) nr. 12, p. 481–488

CZ 621.316.1.052.3.001/4

Adămuţ I. : **O nouă metodă economică de dimensionare şi exploatare a unei reţele aeriene de joasă tensiune cu cinci conductoare**

Articolul prezintă un tip de reţea electrică aeriană de joasă tensiune cu cinci conductoare, neutilizat încă în reţelele de distribuţie.

Caracteristica constructivă a acestei reţele constă în aceea că suma secţiunilor conductorului de iluminat public şi a conductorului de iluminat particular alimentat din aceeaşi fază cu el este egală cu secţiunea fiecăruia din celelalte două conductoare de iluminat particular la condiţii de cădere de tensiune egală.

Energetica, *9* (1961) nr. 12, p. 488–498

IN AJUTORUL TÎNARULUI INGINER

CZ 621.181 : 621.311.153.004.15.

Vladimir N. : **Influenţa curbei de sarcină asupra randamentului mediu al sălii de cazane într-o centrală termoelectrică de vîrf**

Energetica, *9* (1961) nr. 12, p. 499–501

DIN EXPLOATARE

CZ 621.187,127

Paal A. St. : **Experimentarea tratării electromagnetice a apei de alimentare la CT Oradea**

Energetica, *9* (1961) nr. 12, p. 501–503

CZ 621,181.8.004.15

Arsene D. : **Mărirea eficacităţii supraîncălzitoarelor la cazanele de abur**

Energetica *9* (1961) nr. 12, p. 503–506

DOCUMENTARE

CRONICĂ

INDEX ALFABETIC

COMITETUL DE REDACȚIE

Prof. ing. **I. D. STĂNCESCU,** redactor responsabil, conf. ing. **C. MIHĂILEANU,** redactor responsabil adjunct, conf. ing. **I. A. BADEA,** prof. ing. **M. BERCOVICI,** membru corespondent al Academiei R.P.R., laureat al Premiului de Stat, ing. **M. COGĂLNICEANU,** conf. ing. **E. CONSTANTINESCU,** ing. **P. DIMO,** laureat al premiului de Stat, prof. ing. **C. DINCULESCU,** membru corespondent al Academiei R.P.R., ing. **I. V. HERESCU,** conf. ing. **N. MOLDOVEANU,** prof. ing. **C. PENESCU,** ing. **T. POPA,** ing. **S. SĂNDULESCU** și ing. **P. VICOL**

Revista **„ENERGETICA"**, organ al Asociației Științifice a Inginerilor și Tehnicienilor din R.P.R. și al Ministerului Industriei Minelor și Energiei Electrice. Redacția și administrația : București, Str. Ion Ghica Nr. 3 Raion Tudor Vladimirescu, Telefon 14.15.95—14.06.24. Revista este editată de A.S.I.T. — Abonamentele se primesc la administrația revistei, la sediul filialelor A.S.I.T. din întreaga țară și prin responsabilii cu **presa** din cercurile A.S.I.T. — Instituțiile pot achita abonamentele pentru biblioteci și cabinete tehnice în contul nostru de virament : Publicațiile Tehnice A.S.I.T. 070124 B.R.P.R. Filiala I. V. Stalin — București — Tarif pentru întreprinderi : lei 100 anual. Tarif pentru muncitori, tehnicieni și ingineri : lei 30 anual — Prețul unui exemplar : lei 5 — Tiparul : Intreprinderea Poligrafică Nr. 2, Bucuresti, c. 4595

ENERGETICA

ANUL 9
1961
Nr. 12
DECEMBRIE

ORGAN AL ASOCIAȚIEI ȘTIINȚIFICE A INGINERILOR ȘI TEHNICIENILOR DIN R.P.R.
ȘI AL MINISTERULUI MINELOR ȘI ENERGIEI ELECTRICE

MŰSZAKI KÖNYVTÁR-ORSZÁGOS 1883

Planul tematic al revistei „Energetica" pe anul 1962

Colectivul de redacție a întocmit planul tematic pe anul 1962, expus mai jos, spre a fi un îndrumar la îndemîna colaboratorilor revistei noastre.

Tematica a fost întocmită ținîndu-se seama de documentele celui de-al III-lea Congres al Partidului Muncitoresc Romîn și de Hotărîrea C. C. al P. M. R. și a Consiliului de Miniștri al R. P. R. din 3 iulie 1960 cu privire la ridicarea nivelului tehnic al producției.

Sarcinile importante care stau în fața energeticienilor din țara noastră constituie un rezervor inepuizabil de subiecte de actualitate, care să merite a fi tratate în coloanele revistei. Facem, deci, un călduros apel la colaboratorii revistei noastre să participe cu aportul lor și ne adresăm tuturor acelora care ne pot împărtăși experiența nemijlocită a producției cît și a colaboratorilor din diversele regiuni ale țării.

A. Articole de fond și editoriale

În aceste articole se semnalează și se comentează evenimente politice, economice sau tehnico-științifice de însemnătate deosebită; ele apar sub semnătura unor personalități de seamă sau sub îngrijirea redacției.

B. Articole tehnico-științifice, tehnico-economice sau tehnico-organizatorice

Acestea au caracter de originalitate sau de sinteză și se tinde ca ele să fie astfel repartizate în cuprinsul unui număr, încît să acopere cît se poate de complet domeniile de specialitate ale revistei.

Aceste domenii sînt arătate mai jos; ele au fost alese ținîndu-se seamă de forma și agentul purtător de energie (căldură pentru termoenergetică, căderile de apă pentru hidroenergetică, energia electrică pentru electroenergetică). În categoria „Alte forme de energie" intră: energia nucleară, energia eoliană, energia solară, energia mareelor, energia aerului comprimat etc.

În categoria energetică generală intră subiectele care nu sînt specifice unei anumite categorii din cele enumerate mai sus, ci care, dimpotrivă, tratează aspectele energiei primare nediferențiate, după agenții purtători, și probleme energetice de ansamblu.

Fiecare dintre categoriile sus-arătate cuprinde atît producerea, transportul, distribuția, cît și utilizarea formei de energie respective, acoperind implicit energetica industrială, energetica transporturilor, energetica în agricultură etc., repartizate în funcție de aspectul tratat în categoriile legate de agentul purtător.

Enumerarea ce se dă în continuare conține numai unele dintre cele mai importante aspecte pe care revista își propune să le cuprindă în coloanele sale. Desigur însă că se vor primi spre publicare și articole tratînd alte subiecte care intră în profilul revistei și care pot prezenta interes pentru energeticienii noștri.

B 1. *Energetica generală*

— sursele de energie ale țării, valoarea economică a fiecărei surse, posibilitățile tehnice de valorificare;
— liniile de orientare a electrificării în R.P.R.;
— folosirea combustibililor locali ținînd seamă de economia energetică a țării;
— probleme generale de energetică industrială;
— probleme generale de electrificarea agriculturii;
— probleme generale de energetică comunală;
— probleme generale de energetica transporturilor;
— reglarea curbelor de sarcină și îmbunătățirea factorului de putere în sistemele energetice;
— folosirea energetică a gazelor naturale în R. P. R.

— colaborarea energetică internațională;
— aspectul economic al folosirii energiei nucleare pentru producerea de energie electrică;
— aspecte generale privind recuperarea resurselor energetice secundare;
— problemele de ansamblu ale termoficării;
— alegerea purtătorului de energie în diferite procese consumatoare de energie;
— întocmirea bilanțurilor de energie;
— combinări energotehnologice;
— raționalizarea consumurilor de energie (înlocuiri de agenți purtători de energie, schimbările de utilaje, de procese tehnologice, de regimuri de funcționare etc.);
— centralizarea alimentării cu căldură.

B 2. *Termoenergetica*

— combustibilii din R. P. R.; caracteristicile lor energetice și folosirea lor rațională;
— folosirea energochimică a combustibililor din R. P. R.;
— folosirea combustibililor inferiori în cazanele de abur și cuptoarele industriale;
— arderea cărbunilor din R. P. R. în stare pulverizată;
— probleme în legătură cu arderea economică a combustibililor în cazanele de abur și cuptoarele industriale;
— focare cu evacuarea lichidă a zgurii;
— aplicarea recirculării gazelor de ardere în cuptoarele industriale;
— aerodinamica focarelor industriale și importanța sa în procesul de combustie;
— sisteme de filtrare a gazelor de ardere rezultate din arderea cărbunelui;
— automatizări în instalațiile termice;
— recuperarea căldurii gazelor arse, a produselor și deșeurilor calde, a aburului uzat și a condensatorului;
— reglarea automată a cazanelor de abur;
— reglarea automată a turbinelor cu abur;
— probleme speciale ale cazanelor de presiuni înalte și foarte înalte;
— depozite de combustibil; metode raționale de depozitare a cărbunilor;
— tendințe moderne în construcția centralelor termoelectrice;
— centrale de termoficare moderne;
— folosirea intensivă și extensivă a echipamentului din centralele electrice și termice;
— probleme de exploatare economică a centralelor termoelectrice;
— analize de avarii în centralele termoelectrice și măsuri pentru evitarea lor;
— probleme legate de alimentarea cu apă de răcire a centralelor termoelectrice;
— instalații moderne de tratare a apei;
— măsuri pentru evitarea pagubelor datorită rigorilor iernii în centralele termoelectrice;
— rețele de termoficare și schemele cele mai adecvate pentru R. P. R.;
— funcționarea în paralel a rețelelor de termoficare; automatizarea rețelelor de termoficare;
— automatizarea racordurilor consumatorilor termici;
— perspectivele folosirii turbinelor cu gaze în centralele termoelectrice;
— folosirea presiunii reziduale a aburului destins;
— construcția instalațiilor de recuperare a căldurii (recuperatoare metalice și ceramice);
— ameliorarea construcției injectoarelor și arzătoarelor;
— folosirea pompei de căldură în industrie;
— determinarea bilanțurilor și caracteristicilor energetice ale agregatelor termice;
— reglarea curbelor de consum de căldură ale consumatorilor;
— ameliorarea randamentului centralelor termoelectrice de putere redusă;
— analiza caracteristicilor termice și economice și a comportării în exploatare a echipamentelor termomecanice.

B 3. *Electroenergetica*

— mijloacele auxiliare de calcul pentru studiul sistemelor energetice;
— stabilitatea statică și dinamică a sistemelor energetice;
— automatizări în sistemele energetice;
— tratarea neutrului în sistemele energetice; soluții indicate pentru R. P. R.;
— tipuri constructive de linii aeriene de transport și distribuție în mediul rural și urban indicate pentru R. P. R.;
— sisteme și soluții constructive moderne folosite pentru electrificările rurale;
— sisteme moderne de protecție în sistemele energetice cu posibilități de aplicare în rețelele noastre;
— supratensiuni și protecția împotriva lor în sistemele energetice din R. P. R.;
— folosirea aluminiului în construcția liniilor de transport și distribuție cît și în instalațiile interioare;
— măsuri pentru evitarea depunerii chiciurii;
— tendințe noi în proiectarea și construcția liniilor și stațiilor de înaltă tensiune;
— sisteme de telecomunicații folosite în sistemele energetice;
— pierderile în rețele, normarea și reducerea lor;
— sisteme moderne de electrificare a c. f.;
— posturi de transformare mobile pentru consumatori sezonieri și electrificări agricole;
— telemecanica în sistemele energetice;
— tendințe noi în construcția camerelor de comandă;
— analiza caracteristicilor tehnice și economice și a comportării în exploatare a echipamentelor electrice;

— telecomanda centralizată în sisteme energetice;
— automatizarea proceselor de consum de energie electrică;
— principii moderne pentru alimentarea cu energie electrică a consumatorilor;
— ameliorarea factorului de putere în instalațiile consumatoare de energie electrică;
— sisteme de acționări electrice și extinderea folosirii motoarelor sincrone;
— reglarea curbelor de sarcină ale consumatorilor;
— posibilități de recuperare de energie electrică din resurse secundare.

B 4. *Hidroenergetica*

— lucrări hidrografice în scopuri hidroenergetice;
— metode rapide pentru determinarea principalelor caracteristici hidrografice-energetice ale unui curs de apă;
— hidroenergetica în planurile de amenajare complexă a cursurilor de apă;
— cercetarea eficienței unei acumulări de interes hidroenergetic în cadrul unui plan de gospodărire complexă a apelor;
— problema compensării debitelor în cadrul amenajărilor hidroelectrice;
— regimul de funcționare a centralei hidroelectrice;
— studii și probleme de viitor ale uzinelor fluviale în R. P. R.;
— centralele hidroelectrice cu pompaj;
— probleme de economie ale amenajărilor hidroenergetice;
— indicii de producție ai centralelor hidroelectrice;
— exploatarea construcțiilor de interes hidroenergetic în timpul iernii;
— mecanizarea și automatizarea amenajărilor hidroelectrice;
— tipizarea elementelor de construcții și mecanice ale amenajărilor hidroenergetice;
— tipuri de turbine, folosirea lor la diferite tipuri de uzine hidroelectrice;
— turbinele microcentralelor rurale;
— probleme de exploatare a echipamentului hidromecanic și influența asupra proiectării.

B,5. *Alte forme de energie*

— folosirea energiei nucleare în centrale atomoelectrice;
— procese de bază în tehnica obținerii energiei nucleare;
— reactoare pentru centrale atomoelectrice;
— scheme termice pentru centrale atomoelectrice;
— probleme de reglaj în centrale atomoelectrice;
— stadiul construcției de centrale atomoelectrice în diferite țări;
— obținerea de energie electrică din reacții termonucleare dirijate;
— principii de cadastrare a potențialului eolian;
— scheme moderne de instalații eoliene realizate sau proiectate;
— instalații eoliene pentru colaborarea cu sistemul energetic rural;
— realizări recente și perspective de utilizare a energiei geotermice;
— cercetări și realizări recente în domeniul transformării directe a căldurii în energie electrică;
— stadiul actual privind posibilitățile economice de folosire a energiei solare;
— producerea și folosirea rațională a aerului comprimat; îmbunătățirea randamentului utilajelor folosind aer comprimat;
— folosirea presiunii gazelor naturale și industriale.

B 6. *Articole tehnico-economice și tehnico-organizatorice*

— mijloacele de reducere a costului investițiilor și a prețului de cost al energiei la locul de producție și la locul de consum;
— indicii tehnico-economici în exploatarea centralelor electrice și termice, precum și a stațiilor de compresoare;
— consumuri specifice de energie de toate formele în industrie, transporturi etc. și metodele de reducere a acestora;
— stabilirea normelor de calcul al prețului de cost al energiei;
— planificarea și normarea muncii pe șantierele de construcție și montaj ale instalațiilor energetice;
— planificarea și normarea muncii în exploatarea și întreținerea instalațiilor energetice;
— tarifarea energiei electrice și termice;
— considerații asupra posibilităților de reducere a consumurilor serviciilor interne ale centralelor termoelectrice.

B 7. *Protecția muncii*

— diferite metode pentru asigurarea protecției și securității muncii în instalațiile energetice;
— măsuri tehnico-organizatorice pentru protecția muncii în industria energetică;
— protecția muncii în instalațiile termotehnice;
— lupta contra vicierii atmosferei de către centralele termoelectrice și lupta contra prafului de cărbune în sălile de cazane;
— protecția muncii în centralele atomoelectrice.

C. **Rubrici specializate pe anumite aspecte specifice**

a) „Din experiența întreprinderilor" și „În ajutorul exploatării" conțin prezentări scurte ale realizărilor obținute de oamenii muncii din țara noastră în instalațiile energetice.

b) „Pentru noile cadre" cuprinde articole de sinteză sau de aplicare, pe exemple numerice concrete, a unor metode noi, servind pentru orientarea tinerilor ingineri.

c) „Energetica peste hotare" descrie realizări sau proiectări energetice din altă țară.

d) „Discuții", purtate asupra unor acte cu caracter normativ (standarde, prescripții, instrucțiuni etc.), precum și asupra unor lucrări sau articole deja apărute, constînd într-o comentare sau luare de poziție critică.

e) „Din activitatea ASIT", în care se descriu și se popularizează acțiunile ASIT în general, și în special ale secției de specialitate a Consiliului Central și ale secțiilor de la filiale.

f) „Din viața asociațiilor naționale de ingineri și energeticieni (resp. electricieni) din alte țări".

g) „Cronica" servind la comunicarea apariției unor acte sau dispoziții normative importante interesînd sectorul energetic sau a unor evenimente de interes pentru energeticieni: congrese, conferințe, aniversări, comemorări etc.

h) „Documentarea" conținînd note scurte cu indicații bibliografice complete ale unor articole sau lucrări apărute în alte reviste din țară sau străinătate considerate de către redacție a fi interesante și utile cititorilor.

i) „Recenziile", prezentări mai ample și critice ale unor lucrări de volum și importanță deosebită. Recenzorii, aleși de redacție dintre persoanele competente în specialitatea respectivă, trebuie să facă o critică constructivă a lucrării, putînd servi la îmbunătățirea unor eventuale ediții ulterioare.

j) „Bibliografia" conținînd doar titlurile unor articole, rapoarte sau referate din țară sau străinătate care merită a fi semnalate cititorilor revistei, fără a exista însă posibilitatea unei rezumări a lor sub formă de note documentare.

Scheme echivalente pentru liniile două conductoare-pămînt

EUGEN POTOLEA

Linia două conductoare-pămînt (D.C.P.) reprezintă o nesimetrie multiplă a rețelei trifazate. Nesimetria se datorește pe de o parte inegalităților dintre impedanțele fazelor (proprii și mutuale) și pe de altă parte inegalității dintre admitanțele fazelor (proprii și mutuale).

Obținerea schemelor echivalente ale liniei D.C.P. în teoria componentelor simetrice este utilă, avînd în vedere calculul regimurilor de funcționare prin aceeași metodă a componentelor simetrice, care se aplică comod în restul rețelei trifazate. În cele ce urmează, pentru obținerea schemelor echivalente se va utiliza metoda calculului matricial.

1. Parametrii liniei trifazate simetrice

Se știe că liniile electrice trifazate constituie elemente simetrice ale rețelelor electrice, datorită faptului că impedanțele și admitanțele proprii ale fazelor sînt respectiv egale între ele, la fel ca și impedanțele și admitanțele mutuale dintre faze.

Din punctul de vedere al impedanțelor, linia electrică trifazată poate fi considerată ca fiind formată din trei bucle „conductor-pămînt", astfel încît căderile de tensiune pe cele trei faze se scriu sub forma:

$$\left.\begin{aligned}\Delta\bar{V}_a &= \bar{Z}_p\,\bar{I}_a + \bar{Z}_m\,\bar{I}_b + \bar{Z}_m\,\bar{I}_c;\\ \Delta\bar{V}_b &= \bar{Z}_m\,\bar{I}_a + \bar{Z}_p\,\bar{I}_b + \bar{Z}_m\,\bar{I}_c;\\ \Delta\bar{V}_c &= \bar{Z}_m\,\bar{I}_a + \bar{Z}_m\,\bar{I}_b + \bar{Z}_p\,\bar{I}_c;\end{aligned}\right\} \quad (1)$$

cu notațiile:

$\bar{Z}_p$ — impedanța proprie a unei bucle conductor-pămînt;

$\bar{Z}_m$ — impedanța mutuală între două bucle conductor-pămînt.

Din punctul de vedere al admitanțelor, linia electrică trifazată poate fi considerată ca fiind formată dintr-un sistem de trei conductoare în prezența pămîntului, astfel încît curenții transversali pentru fiecare din fazele liniei se scriu sub forma:

$$\left.\begin{aligned}\Delta\bar{I}_a &= \bar{Y}_p\bar{V}_a + \bar{Y}_m(\bar{V}_a - \bar{V}_b) + \bar{Y}_m(\bar{V}_a - \bar{V}_c);\\ \Delta\bar{I}_b &= \bar{Y}_m(\bar{V}_b - \bar{V}_a) + \bar{Y}_p\bar{V}_b + \bar{Y}_m(\bar{V}_b - \bar{V}_c);\\ \Delta\bar{I}_c &= \bar{Y}_m(\bar{V}_c - \bar{V}_a) + \bar{Y}_m(\bar{V}_c - \bar{V}_b) + \bar{Y}_p\bar{V}_c,\end{aligned}\right\} \quad (2)$$

sau:

$$\left.\begin{aligned}\Delta\bar{I}_a &= (\bar{Y}_p + 2\bar{Y}_m)\,\bar{V}_a - \bar{Y}_m\,\bar{V}_b - \bar{Y}_m\,\bar{V}_c;\\ \Delta\bar{I}_b &= -\bar{Y}_m\bar{V}_a + (\bar{Y}_p + 2\bar{Y}_m)\bar{V}_b - \bar{Y}_m\bar{V}_c;\\ \Delta\bar{I}_c &= -\bar{Y}_m\bar{V}_a - \bar{Y}_m\bar{V}_b + (\bar{Y}_p + 2\bar{Y}_m)\bar{V}_c,\end{aligned}\right\} \quad (3)$$

cu notațiile:

$\bar{Y}_p$ – admitanța proprie a unui conductor față de pămînt;

$\bar{Y}_m$ – admitanța mutuală între două conductoare.

Din relațiile (1) și (3) rezultă matricele de impedanțe și de admitanțe care caracterizează linia electrică trifazată.

$$\|\bar{Z}\| = \begin{array}{c|ccc} & a & b & c \\ \hline a & \bar{Z}_p & \bar{Z}_m & \bar{Z}_m \\ b & \bar{Z}_m & \bar{Z}_p & \bar{Z}_m \\ c & \bar{Z}_m & \bar{Z}_m & \bar{Z}_p \end{array} \quad (4)$$

$$\|\bar{Y}\| = \begin{array}{c|ccc} & a & b & c \\ \hline a & \bar{Y}_p+2\bar{Y}_m & -\bar{Y}_m & -\bar{Y}_m \\ b & -\bar{Y}_m & \bar{Y}_p+2\bar{Y}_m & -\bar{Y}_m \\ c & -\bar{Y}_m & -\bar{Y}_m & \bar{Y}_p+2\bar{Y}_m \end{array} \quad (5)$$

Cunoscînd matricele (4) și (5) se determină matricele corespunzătoare din teoria componentelor simetrice cu ajutorul relațiilor:

$$\left.\begin{aligned}\|\bar{Z}_s\| &= \frac{1}{3}\,\|\bar{C}_s\|_t^*\,\|\bar{Z}\|\,\|\bar{C}_s\|\\ \|\bar{Y}_s\| &= \frac{1}{3}\,\|\bar{C}_s\|_t^*\,\|\bar{Y}\|\,\|\bar{C}_s\|,\end{aligned}\right\} \quad (6)$$

în care matricea de conexiune are expresia:

$$\|\bar{C}_s\| = \begin{array}{c|ccc} & h & d & i \\ \hline a & 1 & 1 & 1 \\ b & 1 & a^2 & a \\ c & 1 & a & a^2 \end{array} \quad (7)$$

Introducînd matricele (4) și (5) în relațiile corespunzătoare din (6) și efectuînd toate operațiile, se obține:

$$\|\bar{Z}_s\| = \begin{array}{c|ccc} & h & d & i \\ \hline h & \bar{Z}_p + 2\bar{Z}_m & & \\ d & & \bar{Z}_p - \bar{Z}_m & \\ i & & & \bar{Z}_p - \bar{Z}_m \end{array} \quad (8)$$

$$\|\bar{Y}_s\| = \begin{array}{c|ccc} & h & d & i \\ \hline h & \bar{Y}_p & & \\ d & & \bar{Y}_p + 3\bar{Y}_m & \\ i & & & \bar{Y}_p + 3\bar{Y}_m \end{array} \quad (9)$$

Matricele (8) și (9) arată că cele trei rețele fictive (homopolară, directă și inversă) din teoria componentelor simetrice nu sînt cuplate între ele prin impedanțe sau admitanțe mutuale, ci sînt caracterizate fiecare numai prin impedanțe și admitanțe proprii. Dat fiind forma simplă a matricelor (8) și (9) în comparație cu matricele (5) și (6), rezultă că metoda componentelor simetrice simplifică studiul rețelelor trifazate, care sînt simetrice din punctul de vedere al impedanțelor și admitanțelor.

Pentru studiul regimurilor nesimetrice, provocate de introducerea unor elemente nesimetrice longitudinale sau transversale, se știe că metoda componentelor simetrice stabilește anumite cuplaje magnetice și electrice care se introduc între cele trei rețele fictive. În particular, studiul regimurilor simetrice se face folosind numai rețeaua de succesiune directă.

Parametrii care intervin în matricele (8) și (9) au expresii cunoscute din literatura de specialitate.

Impedanțele proprii și mutuale ale buclelor conductor-pămînt (raportate la unitatea de lungime a liniei) au expresiile:

$$\left.\begin{aligned}\bar{z}_p\,[\Omega/\mathrm{km}] &\approx 0{,}05 + r_c + \mathrm{j}\,0{,}145\log\frac{R_e}{r_e}\\ \bar{z}_m\,[\Omega/\mathrm{km}] &\approx 0{,}05 + \mathrm{j}\,0{,}145\log\frac{R_e}{d}\end{aligned}\right\} \quad (10)$$

în care:

0,05 este rezistența activă a pămîntului pentru 1 km lungime de linie, în cazul curentului alternativ de frecvență industrială $f = 50$ Hz;

r_c – rezistența activă a conductorului unei faze pe o lungime de 1 km;

R_e — distanța de la conductorul un i fază pînă la conductorul echivalent de întoarcere a curentului prin pămînt;

$r_e = (0{,}724 - 0{,}779)\, r$ — raza echivalentă a conductorului avînd raza reală r;

d — media geometrică a distanțelor dintre conductoarele fazelor.

Introducînd expresiile impedanțelor $\bar{z}_p$ și $\bar{z}_m$ în matricea (8), se obțin impedanțele cunoscute din teoria componentelor simetrice:

$$\left.\begin{aligned} \bar{z}_h &= \bar{z}_p + 2\bar{z}_m = 3\cdot 0{,}05 + r_c + \mathrm{j}\,3\cdot 0{,}145\cdot \log \frac{R_e}{\sqrt[3]{r_c d^2}} \\ \bar{z}_d &= \bar{z}_i = \bar{z}_p - \bar{z}_m = r_c + \mathrm{j}\,0{,}145\cdot \log \frac{d}{r_e}\cdot \end{aligned}\right\} \quad (11)$$

Admitanțele proprii și mutuale, determinate de capacitățile liniei (se neglijează perditanțele liniei), se exprimă prin relațiile:

$$\left.\begin{aligned} \bar{Y}_p\,[\mathrm{S/km}] &= \mathrm{j}\,7{,}58\cdot 10^{-6}\,\frac{1}{\alpha + 2\alpha'} \\ \bar{Y}_m\,[\mathrm{S/km}] &= \mathrm{j}\,7{,}58\cdot 10^{-6}\,\frac{\alpha'}{(\alpha - \alpha')(\alpha + 2\alpha')} \end{aligned}\right\} \quad (12)$$

în care:

$$\left.\begin{aligned} \alpha &= \log \frac{2h}{r} \\ \alpha' &= \log \frac{D}{d} \end{aligned}\right\} \quad (13)$$

h este media geometrică a distanțelor dintre conductoare și pămînt;

$D \approx 2h$ — media geometrică a distanțelor dintre conductoare și imaginile lor electrice față de pămînt;

d — media geometrică a distanțelor dintre conductoare.

Introducînd expresiile admitanțelor $\bar{Y}_p$ și $\bar{Y}_m$ în matricea (9) se obțin admitanțele cunoscute din teoria componentelor simetrice:

$$\left.\begin{aligned} \bar{Y}_h = \bar{Y}_p &= \mathrm{j}\,7{,}58\cdot 10^{-6}\,\frac{1}{\alpha + 2\alpha'} \approx \frac{\mathrm{j}\,7{,}58\cdot 10^{-6}}{3\log \dfrac{2h}{\sqrt[3]{rd^2}}} \\ \bar{Y}_d = \bar{Y}_i &= \mathrm{j}\,7{,}58\cdot 10^{-6}\,\frac{1}{\alpha - \alpha'} \approx \frac{\mathrm{j}\,7{,}58\cdot 10^{-6}}{\log \dfrac{d}{r}} \end{aligned}\right\} \quad (14)$$

2. Parametrii liniei D.C.P.

Linia D.C.P. reprezintă un element nesimetric al rețelei trifazate atît din punctul de vedere al impedanțelor, cît și din punctul de vedere al admitanțelor.

a) *Din punctul de vedere al impedanțelor*, linia D.C.P. poate fi considerată ca fiind formată din două bucle conductor-pămînt (fig. 1).

Considerînd că pămîntul joacă rolul fazei a, se scriu căderile de tensiune în cele două bucle ale liniei:

$$\left.\begin{aligned} \Delta(\bar{V}_b - \bar{V}_a) &= \bar{Z}_p \bar{I}_b + \bar{Z}_m \bar{I}_c, \\ \Delta(\bar{V}_c - \bar{V}_a) &= \bar{Z}_m \bar{I}_b + \bar{Z}_r \bar{I}_c, \end{aligned}\right\} \quad (15)$$

în care impedanțele $\bar{Z}_p$ și $\bar{Z}_m$ sînt date de relațiile (10).

Relațiile (15) pot fi transformate ținînd seamă de două particularități.

— Tensiunile fazelor sînt măsurate față de punctul neutru al transformatorului, astfel încît este îndeplinită condiția:

$$\Delta\bar{V}_a + \Delta\bar{V}_b + \Delta\bar{V}_c = 0. \quad (16)$$

— Curenții din cele trei faze ale liniei D.C.P. nu vor conține niciodată componente homopolare, astfel încît este îndeplinită condiția:

$$\bar{I}_a + \bar{I}_b + \bar{I}_c = 0 \quad (17)$$

Adunînd relațiile (15) și ținînd seamă de condițiile (16) și (17) se obține:

$$\Delta\bar{V}_a = \frac{1}{3}(\bar{Z}_p + \bar{Z}_m)\,\bar{I}_a \quad (18)$$

și apoi, introducînd (18) în (15), rezultă:

$$\left.\begin{aligned} \Delta\bar{V}_b &= \frac{1}{3}(2\bar{Z}_p - \bar{Z}_m)\bar{I}_b + \frac{1}{3}(2\bar{Z}_m - \bar{Z}_p)I_c \\ \Delta\bar{V}_c &= \frac{1}{3}(2\bar{Z}_m - \bar{Z}_p)\bar{I}_b + \frac{1}{3}(2\bar{Z}_p - \bar{Z}_m)I_c. \end{aligned}\right\} \quad (19)$$

Pe baza relațiilor (18) și (19) se scrie matricea de impedanțe a liniei D.C.P.

$$\|\bar{Z}\|_{\mathrm{D.C.P.}} =$$

	a	b	c
a	$\frac{1}{3}(\bar{Z}_p + \bar{Z}_m)$		
b		$\frac{1}{3}(2\bar{Z}_p - \bar{Z}_m)$	$\frac{1}{3}(2\bar{Z}_m - \bar{Z}_p)$
c		$\frac{1}{3}(2\bar{Z}_m - \bar{Z}_p)$	$\frac{1}{3}(2\bar{Z}_p - \bar{Z}_m)$

(20)

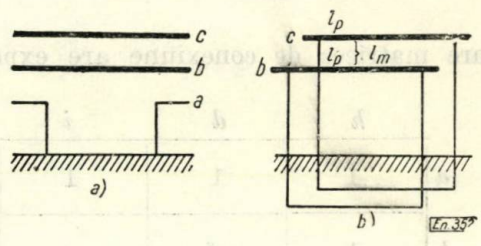


Fig. 1.

Introducînd matricea (20) în prima relație din (6) și efectuînd toate operațiile, se obține matri-

cea de impedanțe a liniei D.C.P. în metoda componentelor simetrice.

$$\|\overline{Z}_S\|_{D.C.P.} =$$

	h	d	i
h	$\frac{1}{3}(\overline{Z}_p+\overline{Z}_m)$		
d		$\frac{1}{3}(2\overline{Z}_p-\overline{Z}_m)$	$\frac{1}{3}(2\overline{Z}_m-\overline{Z}_p)$
i		$\frac{1}{3}(2\overline{Z}_m-\overline{Z}_p)$	$\frac{1}{3}(2\overline{Z}_p-\overline{Z}_m)$

(21)

b) *Din punctul de vedere al admitanțelor*, linia D.C.P. poate fi considerată ca fiind formată dintr-un sistem de două conductoare în prezența pământului (fig. 2). Considerînd că pământul joacă rolul fazei a, se scriu curenții transversali pentru fiecare din fazele liniei :

$$\begin{aligned}
\Delta\overline{I}_a &= \overline{Y}_p(\overline{V}_a-\overline{V}_b)+\overline{Y}_p(\overline{V}_a-\overline{V}_c)\\
\Delta\overline{I}_b &= \overline{Y}_p(\overline{V}_b-\overline{V}_a)+\overline{Y}_m(\overline{V}_b-\overline{V}_c)\\
\Delta\overline{I}_c &= \overline{Y}_p(\overline{V}_c-\overline{V}_a)+\overline{Y}_m(\overline{V}_c-\overline{V}_b)
\end{aligned} \tag{22}$$

Admitanțele pe unitatea de lungime a liniei cu două conductoare se exprimă prin relațiile :

$$\begin{aligned}
\overline{Y}_p[\mathrm{S/km}] &= \mathrm{j}\,7{,}58\cdot10^{-6}\,\frac{1}{\alpha+\alpha'}\\
\overline{Y}_m[\mathrm{S/km}] &= \mathrm{j}\,7{,}58\cdot10^{-6}\,\frac{\alpha'}{\alpha^2-\alpha'^2}
\end{aligned} \tag{23}$$

în care coeficienții α și α' sînt dați de relațiile (13)

Relațiile (22), scrise sub forma :

$$\begin{aligned}
\Delta\overline{I}_a &= 2\overline{Y}_p\overline{V}_a-\overline{Y}_p\overline{V}_b-\overline{Y}_p\overline{V}_c\\
\Delta\overline{I}_b &= -\overline{Y}_p\overline{V}_a+(\overline{Y}_p+\overline{Y}_m)\overline{V}_b-\overline{Y}_m\overline{V}_c\\
\Delta\overline{I}_c &= -\overline{Y}_p\overline{V}_a-\overline{Y}_m\overline{V}_b+(\overline{Y}_p+\overline{Y}_m)\overline{V}_c,
\end{aligned} \tag{24}$$

conduc la scrierea matricei de admitanțe a liniei D.C.P.

$$\|\overline{Y}\|_{D.C.P.} =$$

	a	b	c
a	$2\overline{Y}_p$	$-\overline{Y}_p$	$-\overline{Y}_p$
b	$-\overline{Y}_p$	$\overline{Y}_p+\overline{Y}_m$	$-\overline{Y}_m$
c	$-\overline{Y}_p$	$-\overline{Y}_m$	$\overline{Y}_p+\overline{Y}_m$

(25)

Introducînd matricea (25) în relația a doua din (6) și efectuînd toate operațiile, se obține

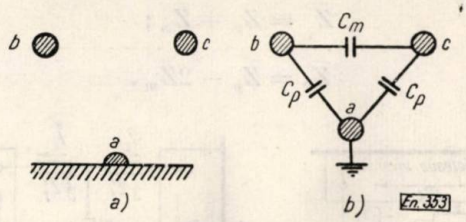


Fig. 2.

matricea de admitanțe a liniei D.C.P. în metoda componentelor simetrice :

$$\|\overline{Y}_S\|_{D.C.P.} =$$

	h	d	i
h			
d		$2\overline{Y}_p+\overline{Y}_m$	$\overline{Y}_p-\overline{Y}_m$
i		$\overline{Y}_p-\overline{Y}_m$	$2\overline{Y}_p+\overline{Y}_m$

(26)

3. Schema echivalentă a nesimetriei provocate de impedanțele liniei D.C.P.

Examinînd matricea (21) se constată că între rețeaua homopolară și celelalte două rețele fictive (directă și inversă) nu există impedanțe mutuale. Ținînd seamă că rețeaua homopolară în cazul liniei D.C.P. nu este parcursă niciodată de curent, rezultă că ea nu intervine în calcule. În aceste condiții căderile de tensiune pe rețelele directă și inversă vor fi date de relațiile :

$$\left.\begin{aligned}
\Delta\overline{V}_d &= \frac{1}{3}(2\overline{Z}_p-\overline{Z}_m)\overline{I}_d+\frac{1}{3}(2\overline{Z}_m-\overline{Z}_p)\overline{I}_i\\
\Delta\overline{V}_i &= \frac{1}{3}(2\overline{Z}_m-\overline{Z}_p)\overline{I}_d+\frac{1}{3}(2\overline{Z}_p-\overline{Z}_m)\overline{I}_i
\end{aligned}\right\} \tag{27}$$

Scriind relațiile (27) sub forma :

$$\begin{aligned}
\Delta\overline{V}_d &= (\overline{Z}_p-\overline{Z}_m)\overline{I}_d-\frac{1}{3}(\overline{Z}_p-2\overline{Z}_m)(\overline{I}_d+\overline{I}_i)\\
\Delta\overline{V}_i &= (\overline{Z}_p-\overline{Z}_m)\overline{I}_i-\frac{1}{3}(\overline{Z}_p-2\overline{Z}_m)(\overline{I}_d+\overline{I}_i)
\end{aligned} \tag{28}$$

este ușor de văzut că ele corespund schemei echivalente din figura 3, a, în care s-a notat :

$$\begin{aligned}
\overline{Z}_1 &= \overline{Z}_p-\overline{Z}_m,\\
\overline{Z}_2 &= \overline{Z}_p-2\overline{Z}_m.
\end{aligned} \tag{29}$$

Scriind relațiile (27) sub forma :

$$\begin{aligned}
\Delta\overline{V}_d &= \frac{1}{3}(\overline{Z}_p+\overline{Z}_m)\overline{I}_d+\frac{1}{3}(\overline{Z}_p-2\overline{Z}_m)(\overline{I}_d-\overline{I}_i);\\
\Delta\overline{V}_i &= \frac{1}{3}(\overline{Z}_p+\overline{Z}_m)\overline{I}_i+\frac{1}{3}(\overline{Z}_p-2\overline{Z}_m)(\overline{I}_i-\overline{I}_d),
\end{aligned} \tag{30}$$

este ușor de văzut că ele corespund schemei echivalente din figura 3, *b*, în care s-a notat:

$$\bar{Z}'_1 = \bar{Z}_p + \bar{Z}_m;$$
$$\bar{Z}_2 = \bar{Z}_p - 2\bar{Z}_m. \qquad (31)$$

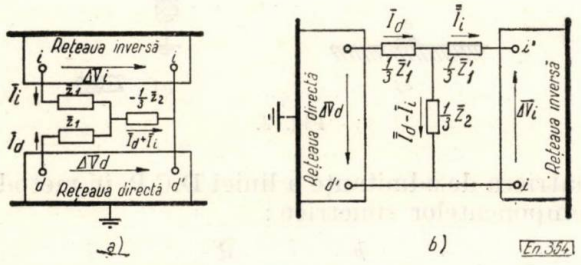


Fig. 3.

Schema echivalentă din figura 3, *a* prezintă avantajul unei reprezentări intuitive a nesimetriei considerate. Ea este recomandabilă pentru calculele analitice. Prezența impedanței negative $-\frac{1}{3}\bar{Z}_2$ face ca această schemă să nu fie recomandabilă pentru studiile pe masa de calcul, deoarece realizarea unei impedanțe negative, și în special a unei rezistențe negative este dificilă.

Schema echivalentă din figura 3, *b* prezintă avantajul că poate fi ușor realizată pe masa de calcul, deoarece nu conține impedanțe negative.

Schemele echivalente astfel obținute pot fi utilizate și pentru cazul cînd se iau în considerație rezistențele prizelor de pămînt: $R_p = R_{p1} + R_{p2}$. Schemele echivalente ale liniei D.C.P., cu considerarea rezistenței prizelor de pămînt, vor fi de aceeași formă cu schemele din figura 3, însă vor avea parametri diferiți. Reprezentînd linia D.C.P. ca în figura 4, este ușor de văzut că în schemele echivalente din figura 3 vor apare impedanțe diferite; pe rețelele directă și inversă se vor introduce rezistențele suplimentare R_p, iar impedanța proprie $\bar{Z}_p$ va fi înlocuită cu diferența $\bar{Z}_p - R_p$.

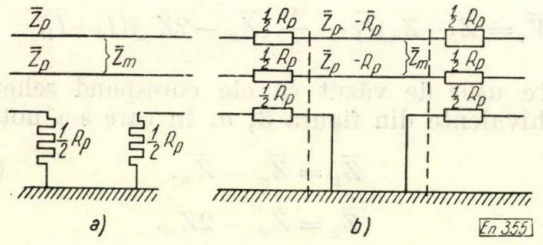


Fig. 4.

Trebuie observat că relațiile (27) impun o anumită legătură între curenții rețelelor fictive, fără a impune vreo legătură între potențialele acestor rețele. Pentru a realiza această legătură numai între curenți, fără a influența potențialele, este necesar ca între rețelele fictive să se introducă cuplaje magnetice și nu legături galvanice, așa cum s-a făcut în schemele din figura 3.

Legăturile galvanice pot fi introduse numai în cazul cînd una din rețelele fictive este eliberată de legătura la pămînt, care fixează potențialul conductorului fictiv de întoarcere a curentului. Schema astfel obținută va reda în mod fidel circulația curenților, în timp ce potențialul uneia din rețelele fictive va fi deplasat.

Dacă în rețeaua studiată mai există și alte nesimetrii, care impun alte cuplaje între rețelele fictive, acestea nu mai pot fi realizate prin legături galvanice. Înlocuirea mai multor cuplaje prin legături galvanice va avea ca efect o deplasare diferită a potențialelor rețelelor fictive,

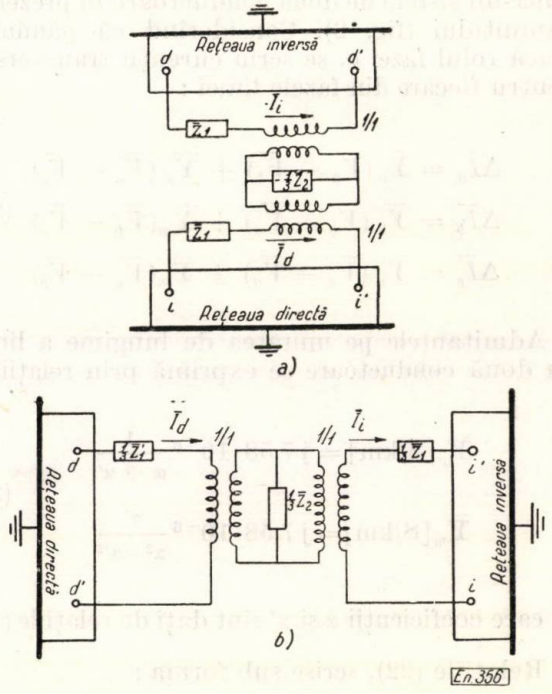


Fig. 5.

iar în schema echivalentă va apare o falsă circulație de curenți.

Pentru ca schemele obținute să poată fi utilizate în cazul general, cînd pe rețea apar mai multe nesimetrii, este necesar ca legăturile galvanice să fie înlocuite prin cuplaje magnetice, așa cum se arată în figura 5. În acest caz legăturile rețelelor la pămînt pot fi păstrate pentru a fixa potențialul comun al conductoarelor fictive de întoarcere.

4. Schema echivalentă a nesimetriei provocate de admitanțele liniei „două conductoare pămînt"

Examinînd matricea (26) se constată că rețeaua homopolară nu este afectată în nici un fel de admitanțe proprii sau mutuale. În aceste

condiții curenții transversali ai rețelelor directă și inversă sînt dați de relațiile :

$$\begin{aligned}\Delta\bar{I}_d &= (2\bar{Y}_p + \bar{Y}_m)\,\bar{V}_d + (\bar{Y}_p - \bar{Y}_m)\,\bar{V}_i \\ \Delta\bar{I}_i &= (\bar{Y}_p + \bar{Y}_m)\,\bar{V}_d + (2\bar{Y}_p - \bar{Y}_m)\,\bar{V}_i\end{aligned} \qquad (32)$$

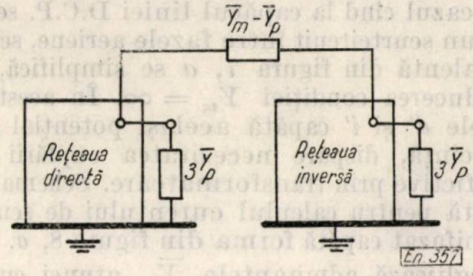


Fig. 6.

Scriind relațiile (32) sub forma :

$$\begin{aligned}\Delta\bar{I}_d &= 3\bar{Y}_p\,\bar{V}_d + (\bar{Y}_m - \bar{Y}_p)(\bar{V}_d - \bar{V}_i) \\ \Delta\bar{I}_i &= 3\bar{Y}_p\,\bar{V}_i + (\bar{Y}_m - \bar{Y}_p)(\bar{V}_i - \bar{V}_d)\end{aligned} \qquad (33)$$

este ușor de văzut că ele corespund schemei echivalente din figura 6.

Trebuie observat că schema echivalentă din figura 6 s-a obținut fără a face vreo considerație asupra potențialului fazei *a*. Pentru a ține seamă de faptul că faza *a* este la potențialul pămîntului, ar trebui ca cele trei rețele fictive (directă, inversă și homopolară) să fie conectate în serie, așa cum se face în cazul punerii la pămînt a unei faze pe liniile trifazate. Deoarece în cazul liniei D.C.P. rețeaua homopolară este deschisă (neutrul transformatorului este izolat), urmează că ea nu va fi parcursă de curent și, în consecință, cuplarea în serie a rețelelor fictive nu va produce nici o modificare în circulația curenților. Schema echivalentă din figura 6 poate fi utilizată fără a mai introduce cuplajul suplimentar pentru punerea la pămînt a fazei *a*, însă trebuie să se țină seamă că în acest caz tensiunile fazelor $\bar{V}_a$, $\bar{V}_b$ și $\bar{V}_c$ vor fi determinate în raport cu potențialul punctului neutru al transformatorului și nu în raport cu potențialul pămîntului.

5. Scheme echivalente pentru studiul diferitelor regimuri de funcționare ale liniei D.C.P.

Pentru determinarea exactă a diferitelor regimuri de funcționare în rețelele care conțin linii D.C.P. este necesar să se țină seamă atît de nesimetria provocată de impedanțele liniei (fig. 5), cît și de nesimetria provocată de admitanțe (fig. 6) în care se pot include atît admitanțele liniei cît și admitanțele sarcinii. Considerînd că admitanțele liniei D.C.P. sînt concentrate de exemplu în capătul la care se conectează consumatorul, se obțin schemele echivalente din figura 7.

Trebuie observat că schemele echivalente ale liniei D.C.P. pot fi simplificate în mod esențial dacă se admite aproximația :

$$\bar{Z}_2 \approx 0. \qquad (34)$$

Este ușor de văzut că atunci cînd $\bar{Z}_2 = 0$, cuplajele magnetice din figurile 5 și 7 nu mai joacă nici un rol și, în consecință, ele trebuie eliminate. În acest caz linia D.C.P. nu mai reprezintă o nesimetrie din punctul de vedere al impedanțelor, iar dacă se neglijează și admitanțele rezultă că linia D.C.P. se va comporta ca un element trifazat simetric.

Pentru a verifica în ce măsură condiția (34) este îndeplinită de liniile D.C.P., vom scrie expresia lui $\bar{Z}_2$, ținînd seamă și de rezistențele prizelor de pămînt din capetele liniei, adică înlocuind $\bar{Z}_p$ prin $\bar{Z}_p - R_p$

$$\bar{Z}_2 = \bar{Z}_p - R_p - 2\,\bar{Z}_m$$

și vom înlocui $\bar{Z}_p$ și $\bar{Z}_m$ din relațiile (10) :

$$\bar{Z}_2 = \left(0{,}05 + r_c + \mathrm{j}\,0{,}145 \log \frac{R_e}{r_e}\right) D - R_p - 2\left(0{,}05 + \mathrm{j}\,0{,}145 \log \frac{R_e}{d}\right) D,$$

în care D este lungimea liniei în km.

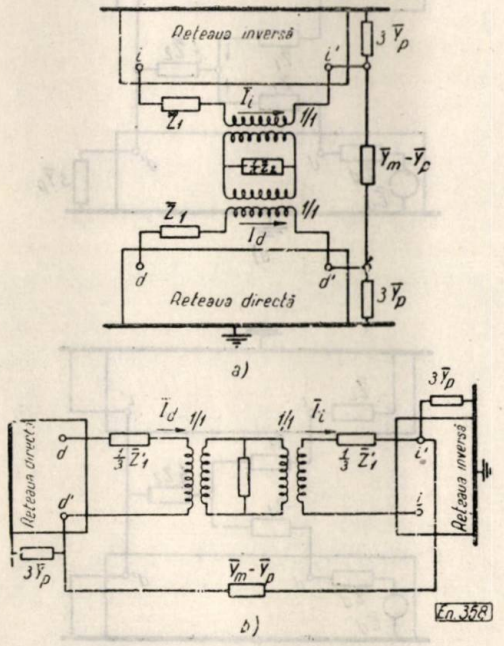


Fig. 7.

Separînd părțile reală și imaginară ale impedanței Z_2 se obține :

$$R_2 = (r_c - 0{,}05)\,D - R_p$$

$$X_2 = \left(0{,}145 \log \frac{d^2}{r_e R_e}\right) D.$$

Înlocuind valorile numerice pentru diferite linii D.C.P., se constată că reactanța X_2 rezultă în general apropiată de zero, iar rezistența R_2 poate căpăta valoarea zero pentru anumite secțiuni de conductoare și lungimi de linie.

Schemele echivalente din figura 7 permit studiul celor mai generale regimuri de funcționare ale liniilor D.C.P. În cele ce urmează se vor considera cîteva cazuri particulare, care prezintă o importanță practică deosebită.

Un caz particular interesant este schema echivalentă pentru calculul liniilor D.C.P. de electrificare a căilor ferate. Una dintre soluțiile tehnice moderne, preconizată pentru electrificarea căilor ferate cu linii duble, constă în folosirea unei linii D.C.P. de 25–35 kV, alimentată din rețeaua de înaltă tensiune prin transformatoare trifazate sau prin transformatoare conectate în V. Motoarele locomotivelor sînt monofazate și se conectează la una din fazele aeriene ale liniei D.C.P. și la calea de rulare.

Pentru a studia regimul de funcționare, se poate considera că impedanța mutuală dintre fazele liniei D.C.P. este nulă, iar sarcinile monofazate, alimentate de fazele aeriene, sînt aproximativ egale între ele. În aceste condiții, în

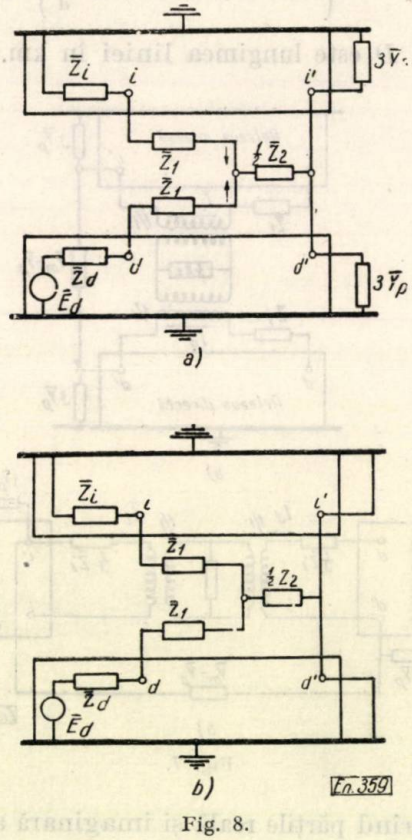


Fig. 8.

schema echivalentă din figura 7 se va considera $\overline{Z}_m = 0$, iar admitanța $\overline{Y}_p$ se va înlocui cu admitanța de sarcină $\overline{Y}_s$ sau cu suma admitanțelor $\overline{Y}_s + \overline{Y}_p$.

Cazurile particulare de funcționare a linie D.C.P. cu diferite scurtcircuite pot fi studiate de asemenea cu ajutorul schemelor din figura 7, care capătă forme mai simple.

Trebuie observat că în cazul liniei D.C.P. sînt posibile numai scurtcircuite bifazate și trifazate.

În cazul cînd la capătul liniei D.C.P. se produce un scurtcircuit între fazele aeriene, schema echivalentă din figura 7, *a* se simplifică, prin introducerea condiției $Y_m = \infty$. În acest caz, bornele *d'* și *i'* capătă același potențial și, în consecință, dispare necesitatea cuplării rețelelor fictive prin transformatoare. Schema echivalentă pentru calculul curentului de scurtcircuit bifazat capătă forma din figura 8, *a*. Dacă se neglijează admitanțele $\overline{Y}_p$, atunci curenții de scurtcircuit bifazat rezultă din relațiile:

$$I_d = -I_i = \frac{\overline{E}_d}{\overline{Z}_d + \overline{Z}_i + 2\overline{Z}_1}. \qquad (35)$$

În cazul cînd scurtcircuitul dintre fazele aeriene se face cu punere la pămînt, atunci în schema echivalentă din figura 6, *a* se consideră $Y_p = \infty$ și se obține schema scurtcircuitului trifazat (fig. 7, *b*). Curenții de scurtcircuit trifazat rezultă din relațiile:

$$I_d = \frac{\overline{E}_d}{\overline{Z}_d + \overline{Z}_1 + \dfrac{-\frac{1}{3}\overline{Z}_2(\overline{Z}_1 + \overline{Z}_i)}{-\frac{1}{3}\overline{Z}_2 + \overline{Z}_1 + \overline{Z}_i}}$$

$$\frac{\overline{I}_i}{\overline{I}_d} = \frac{\frac{1}{3}\overline{Z}_2}{-\frac{1}{3}\overline{Z}_2 + \overline{Z}_1 + \overline{Z}_i}. \qquad (36)$$

Se observă că, în cazul cînd este îndeplinită condiția $\overline{Z}_2 = 0$, curenții de scurtcircuit trifazat sînt simetrici:

$$\overline{I}_d = \frac{\overline{E}_d}{\overline{Z}_d + \overline{Z}_1}$$
$$\overline{I}_i = 0. \qquad (37)$$

Un caz special de scurtcircuit pe liniile D.C.P. este acela în care scurtcircuitul bifazat apare între o fază aeriană și faza pămînt. Pentru a studia acest scurtcircuit este necesar ca în schema echivalentă din figura 7, *a* să se introducă un cuplaj magnetic suplimentar prin transformatoare rotitoare.

6. Nesimetriile de curenți și de tensiuni pe o linie D.C.P.

La determinarea nesimetriei de curenți vom folosi schemele unei linii D.C.P. din figura 9, în care s-au introdus impedanțele $\overline{Z}_{dc}$ și $\overline{Z}_{ic}$ ale consumatorului, precum și impedanțele $\overline{Z}_{d_r}$

și $\overline{Z}_{i_r}$ ale rețelei cuprinse între generator și linia D.C.P.

Folosind prima schemă din figura 9 se scrie relația :

$$-\frac{1}{3}\overline{Z}_2(\overline{I}_d+\overline{I}_i)=-(\overline{Z}_1+\overline{Z}_{ir}+\overline{Z}_{ic})\overline{I}_i,$$

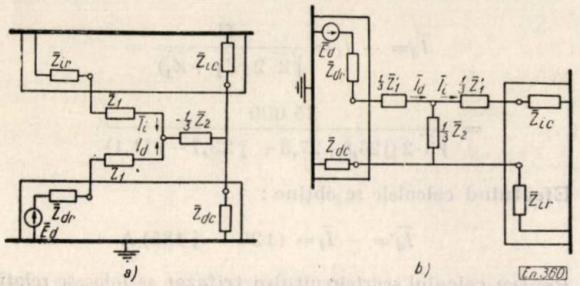


Fig. 9.

din care rezultă :

$$\frac{\overline{I}_i}{\overline{I}_d}=\frac{\frac{1}{3}\overline{Z}_2}{-\frac{1}{3}\overline{Z}_2+\overline{Z}_1+\overline{Z}_{ir}+\overline{Z}_{ic}}. \qquad (38)$$

Folosind a doua schemă din figura 9, se scrie relația :

$$\frac{1}{3}\overline{Z}_2(\overline{I}_d-\overline{I}_i)=\left(\frac{1}{3}\overline{Z}_1'+\overline{Z}_{ic}+\overline{Z}_{ir}\right)\overline{I}_i,$$

din care rezultă :

$$\frac{\overline{I}_i}{\overline{I}_d}=\frac{\frac{1}{3}\overline{Z}_2}{\frac{1}{3}\overline{Z}_2+\frac{1}{3}\overline{Z}_1'+\overline{Z}_{ic}+\overline{Z}_{ir}}. \qquad (39)$$

Înlocuind în (38) și (39) expresiile impedanțelor $\overline{Z}_1$, $\overline{Z}_2$ și $\overline{Z}_1'$, se obține aceeași relație

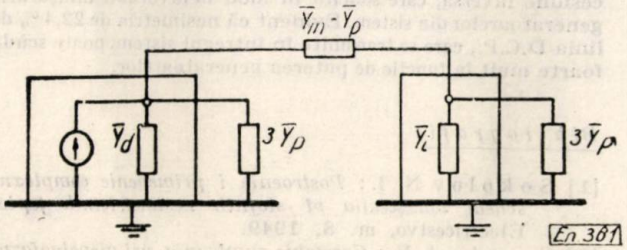


Fig. 10.

pentru calculul nesimetriei de curenți, așa cum era de așteptat :

$$\frac{\overline{I}_i}{\overline{I}_d}=\frac{\overline{Z}_p-2\overline{Z}_m}{2\overline{Z}_p-\overline{Z}_m+3(\overline{Z}_{ic}+\overline{Z}_{ir})}. \qquad (40)$$

La determinarea nesimetriei de tensiuni în capătul liniei D.C.P. vom considera două cazuri :

— Nesimetria tensiunilor la funcționarea în sarcină se determină înmulțind relația (40) cu raportul $\overline{Z}_{ic}/\overline{Z}_{d_c}$ și se obține :

$$\frac{\overline{V}_i}{\overline{V}_d}=\frac{\overline{Z}_p-2\overline{Z}_m}{2\overline{Z}_p-\overline{Z}_m+3(\overline{Z}_{i_c}+\overline{Z}_{i_r})}\cdot\frac{\overline{Z}_{i_c}}{\overline{Z}_{d_c}}. \qquad (41)$$

— Nesimetria tensiunilor la funcționarea în gol se determină folosind schema din figura 10, în care se neglijează impedanțele.

Raportul tensiunilor la bornele admitanțelor $\overline{Y}_i$ și $\overline{Y}_1$ este dat de relația :

$$\frac{\overline{V}_{i_0}}{\overline{V}_{d_0}}=\frac{\overline{Y}_m-\overline{Y}_p}{\overline{Y}_m+2\overline{Y}_p+\overline{Y}_i}. \qquad (42)$$

Menționăm că nesimetria tensiunilor la funcționarea în gol nu prezintă importanță practică deosebită și nu capătă valori apreciabile, deoarece numărătorul raportului (42) este totdeauna mult mai mic decît numitorul.

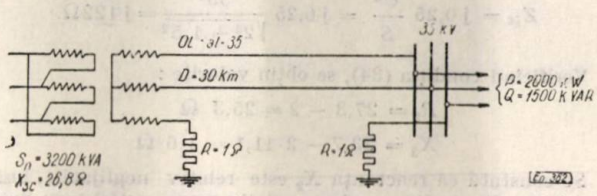


Fig. 11.

7. Concluzii

Aplicarea consecventă a unor metode cunoscute, cum sînt metoda calculului matricial și metoda componentelor simetrice, a permis demonstrarea pe o cale simplă a unor scheme cunoscute în literatura de specialitate (fig. 3), precum și stabilirea unor scheme noi (fig. 5, 6, 7 și 8).

Schemele obținute prezintă importanță pentru calculul nesimetriilor și al scurtcircuitelor pe liniile D.C.P., precum și pentru calculul liniilor de alimentare a căilor ferate electrificate.

Din exemplul de calcul din anexă rezultă că nesimetriile de tensiuni și curenți la funcționarea în regim normal a liniilor D.C.P. rămîn în limite acceptabile pentru consumator. Aceste nesimetrii se transmit în sistem și în rețelele generatoarelor cu atît mai puțin, cu cît puterea transportată pe linia D.C.P. este mai mică. Dat fiind că în general puterea transportată pe o linie D.C.P. este mică în comparație cu puterea sistemului electric, se poate trage concluzia că liniile D.C.P. nu prezintă inconveniente speciale cu privire la provocarea unor nesimetrii. În această situație se află și liniile D.C.P. executate deja la noi în țara [6].

În anumite cazuri, cînd puterea transportată pe linie D.C.P. devine comparabilă cu puterea sistemului, este necesar să se facă o verificare a nesimetriilor de tensiuni și de curenți.

ANEXĂ

Exemplu de calcul

Se consideră schema din figura 11 şi se cere să se determine nesimetria curenţilor şi tensiunilor la funcţionarea în sarcină, precum şi curenţii de scurtcircuit bifazat şi trifazat.

Impedanţele liniei D.C.P. se calculează cu relaţiile :

$$\bar{Z}_p \approx \left(0{,}05 + r_0 + \mathrm{j}\,0{,}145 \log \frac{R_e}{r_e}\right) D$$

$$\bar{Z}_m \approx \left(0{,}05 + \mathrm{j}\,0{,}145 \log \frac{R_e}{d}\right) D,$$

în care se introduc valorile numerice

$$r_0 = 0{,}91\ \Omega/\mathrm{km};\quad R_e = 1\,000\ \mathrm{m};\quad r_e = 3{,}78\ \mathrm{cm}$$
$$d = 3\ \mathrm{m};\quad D = 30\ \mathrm{km}.$$

Efectuînd calculele se obţine :

$$Z_p \approx (27{,}3 + \mathrm{j}\,23{,}7)\ \Omega$$
$$Z_m \approx \mathrm{j}\,11{,}1\ \Omega$$

Impedanţele consumatorului sînt date de relaţiile :

$$\bar{Z}_{dc} = \frac{U^2}{P - \mathrm{j}\,Q} = \frac{35^2}{2 - \mathrm{j}\,1{,}5} = (392 + \mathrm{j}\,295)\ \Omega,$$

$$Z_{ic} = \mathrm{j}\,0{,}25\,\frac{U^2}{S} = \mathrm{j}\,0{,}25\,\frac{35^2}{\sqrt{2^2 + 1{,}5^2}} = \mathrm{j}\,122\,\Omega.$$

Verificînd condiţia (34), se obţin valorile :

$$R_2 = 27{,}3 - 2 = 25{,}3\ \Omega$$
$$X_2 = 23{,}7 - 2 \cdot 11{,}1 = 1{,}6\ \Omega$$

Se constată că reactanţa X_2 este relativ neglijabilă, însă rezistenţa R_2 capătă o valoare relativ mare, astfel încît linia D.C.P. nu poate fi considerată ca un element trifazat simetric şi, în consecinţă, este necesar să se determine nesimetriile de curenţi şi de tensiuni.

Dacă nu se ţinea seamă de impedanţele transformatorului, nesimetria curenţilor se calculează cu relaţia (40), în care se consideră $\bar{Z}_{ir} = R_p$ şi se înlocuieşte $\bar{Z}_p$ prin $\bar{Z}_p - R_p$

$$\frac{\bar{I}_i}{\bar{I}_d} = \frac{27{,}3 + \mathrm{j}\,23{,}7 - \mathrm{j}\,2 \cdot 11{,}1 - 2}{2\,(27{,}3 + \mathrm{j}\,23{,}7) - \mathrm{j}\,11{,}1 + \mathrm{j}\,366 + 2} = \frac{25{,}3 + \mathrm{j}\,1{,}5}{56{,}6 + \mathrm{j}\,403{,}3}.$$

Se calculează modulul :

$$\left|\frac{\bar{I}_i}{\bar{I}_d}\right| = 0{,}061.$$

Nesimetria tensiunilor se calculează din relaţia :

$$\frac{\bar{V}_i}{\bar{V}_d} = \frac{\bar{I}_i}{\bar{I}_d} \cdot \frac{\bar{Z}_{ir}}{\bar{Z}_{dc}} = \frac{25{,}3 + \mathrm{j}1{,}5}{56{,}6 + \mathrm{j}\,402{,}3} \cdot \frac{\mathrm{j}\,122}{392 + \mathrm{j}295}.$$

Rezultă modulul :

$$\left|\frac{\bar{V}_i}{\bar{V}_d}\right| = 0{,}016.$$

Dacă se ţinea seamă de impedanţa transformatorului, atunci se consideră $\bar{Z}_{ri} = \bar{Z}_T + R_p = \mathrm{j}\,26{,}8 + 2$, astfel că din relaţia (40) rezultă :

$$\frac{\bar{I}_i}{\bar{I}_d} = \frac{25{,}3 + \mathrm{j}\,1{,}5}{56{,}6 + \mathrm{j}\,402{,}3 + \mathrm{j}\,3 \cdot 26{,}8} = \frac{25{,}3 + \mathrm{j}\,1{,}5}{56{,}6 + \mathrm{j}\,482{,}4},$$

şi :

$$\left|\frac{\bar{I}_i}{\bar{I}_d}\right| = 0{,}055.$$

Nesimetria tensiunilor va fi :

$$\frac{\bar{V}_i}{\bar{V}_d} = \frac{\bar{I}_i}{\bar{I}_d} \cdot \frac{\bar{Z}_{ic}}{\bar{Z}_{dc}} = \frac{35{,}5 + \mathrm{j}\,1{,}5}{56{,}6 + \mathrm{j}\,482{,}4} \cdot \frac{\mathrm{j}\,122}{392 + \mathrm{j}295}.$$

şi :

$$\left|\frac{\bar{V}_i}{\bar{V}_d}\right| = 0{,}015.$$

Rezultatele obţinute confirmă faptul că nesimetriile de curenţi şi de tensiuni rămîn în limite acceptabile la funcţionarea normală a liniilor D.C.P.

Pentru calculul curenţilor de scurtcircuit bifazat se folosesc relaţiile (35), în care se consideră $\bar{Z}_d = \bar{Z}_i = \bar{Z}_T$

$$\bar{I}_d = -\bar{I}_i = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot 2\,(\bar{Z}_T + \bar{Z}_1)} =$$

$$= \frac{35\,000}{\sqrt{3} \cdot 2\,(\mathrm{j}\,26{,}8 + 27{,}3 + \mathrm{j}\,23{,}7 - \mathrm{j}\,11{,}1)}.$$

Efectuînd calculele se obţine :

$$\bar{I}_d = -\bar{I}_i = (126 - \mathrm{j}\,185)\ \mathrm{A}$$

Pentru calculul scurtcircuitului trifazat se folosesc relaţiile (36) în care se consideră $\bar{Z}_d = \bar{Z}_i = \bar{Z}_T$.

$$\bar{I}_d = \frac{\frac{1}{\sqrt{3}}\,35\,000}{\mathrm{j}\,26{,}8 + 27{,}3 + \mathrm{j}\,12{,}6 + \frac{-1}{3}\,(27{,}3 + \mathrm{j}\,1{,}5)\,(27{,}3 + \mathrm{j}12{,}6 + \mathrm{j}\,26{,}8}$$

$$- \frac{1}{3}\,(27{,}3 + \mathrm{j}\,1{,}5) + (27{,}3 + \mathrm{j}\,12{,}6 + \mathrm{j}\,26$$

$$\frac{\bar{I}_i}{\bar{I}_d} = \frac{\frac{1}{\sqrt{3}}\,27{,}3 + \mathrm{j}\,1{,}5}{-\frac{1}{3}\,27{,}3 + \mathrm{j}\,1{,}5 + 27{,}3 + \mathrm{j}\,12{,}6 + \mathrm{j}26{,}8}.$$

Efectuînd calculele se obţine :

$$\bar{I}_d = (424{,}7 + \mathrm{j}\,505{,}75)\ \mathrm{A}$$

$$\left|\frac{\bar{I}_i}{\bar{I}_d}\right| = |0{,}105 - \mathrm{j}\,0{,}197| = 0{,}224.$$

Rezultatele obţinute arată că scurtcircuitul trifazat pe o linie D.C.P., spre deosebire de scurtcircuitul trifazat pe o linie obişnuită, este deosebit de periculos nu numai datorită mărimii curenţilor, dar şi datorită apariţiei unui curent de succesiune inversă, care solicită în mod nefavorabil înfăşurările generatoarelor din sistem. Evident că nesimetria de 22,4 % din linia D.C.P., care se transmite în întregul sistem, poate scădea foarte mult în funcţie de puterea generatoarelor.

Bibliografie

[1] Sokolov N. I.: *Postroenie i primenenie complexnih schem zameşceniia vt slojnih nesimetricinih tepiah*, Electricestvo, nr. 8, 1949.

[2] Cernin A. B.: *Carotchie zamtcania pri niepolnofaznth rejimah electriceschih sistem*, G.E.I., 1952.

[3] Rozenberg B. I.: *Complexnth shemt zameşceniia trefaznth setei pri necolorth vidah asimetrii*, Electricestvo, nr. 1, 1957.

[4] Wagner C. F. şi Evans R. D.: *Symetrical components*, New York, McGraw Hill, 1953.

[5] Kron G.: *A short course in tensor analysis for electrical engineers*, New York, John Wiley, 1942.

[6] Gheorghiu N. şi Militaru P.: *Sistemul de distribuţie a energiei electrice, două conductoare — pămînt; primele rezultate ale aplicării acestui sistem în R.P.R.* Energetica şi Hidrotehnica Nr. 11—12, 1954.

Dispecerul automat, mijloc de reglaj al frecvenţei şi al repartiţiei optime a puterilor active în sistemele energetice

SEBASTIAN IONESCU, MARIUS POMÎRLEANU şi PETRE NICOLAE

Sistemele energetice unice sau naţionale sînt conduse, în mod obişnuit, de puncte de dispecer, care trebuie să le asigure o funcţionare optimă. Între altele, punctele de dispecer au ca sarcină menţinerea frecvenţei în limite strînse şi repartizarea cea mai raţională a puterii cerute de consumatori pe centralele sistemului.

În unele sisteme, repartiţia puterilor pe centrale este efectuată după grafice precalculate de către dispecer, iar menţinerea frecvenţei se face printr-un reglaj manual de către una din centralele de reglaj, stabilită de către dispecer pentru o anumită perioadă de timp.

În sistemele energetice mari, interconectate, reglajul frecvenţei se face automat, cu participarea unui mare număr de centrale; de obicei acest reglaj asigură şi menţinerea puterilor de schimb între sisteme la valorile programate, ceea ce se realizează prin anularea binomului abaterilor frecvenţă-putere de schimb [4]:

$$\Delta f' = \Delta f + \frac{\Delta P_L}{\lambda} = 0, \qquad (1)$$

unde

Δf este abaterea frecvenţei f a sistemului de la frecvenţa nominală f_0;

ΔP_L — abaterea sumei puterilor de schimb P_L faţă de puterea de schimb programată P_{L0};

λ — un parametru (energia reglantă secundară).

Pentru îndeplinirea condiţiei (1) este necesară o modificare a puterilor generate care se repartizează pe centrale proporţional cu integrala în timp a baterii frecvenţei fictive $\Delta f'$ [4]:

$$\left.\begin{aligned} P_1 &= P_1 - P_{10} = -\alpha_1 \Delta\varphi' = -\alpha_1 \int_0^t \Delta f' \cdot dt \\ &\vdots \\ P_j &= P_j - P_{j0} = -\alpha_j \Delta\varphi' = -\alpha_j \int_0^t \Delta f' \cdot dt \end{aligned}\right\} \qquad (2)$$

în care:

P_j este puterea debitată de centrala j;

P_{j0} — puterea programată de către punctul de dispecer pentru centrala j pentru o anumită perioadă de timp;

α_j — un coeficient de proporţionalitate (putere reglantă).

Puterile-program P_{j0} se stabilesc prin calcul, după criterii economice, în funcţie de curba de sarcină totală a sistemului prevăzută pentru ziua respectivă, iar valorile lor, astfel obţinute, se introduc manual în sistemul de reglaj al frecvenţei la anumite intervale de timp (de exemplu din oră în oră). În jurul puterilor-program P_{j0} există o bandă de reglaj, în interiorul căreia, sub acţiunea reglajului automat de frecvenţă, centralele de reglaj îşi modifică puterea conform relaţiilor (2), deci nu după criterii economice.

În ultimul timp, în unele sisteme energetice s-a realizat automatizarea completă a conducerii sistemului cu ajutorul unui dispecer automat. Acesta asigură atît reglajul automat al frecvenţei (reglaj secundar), cît şi repartiţia automată, după criterii economice, a puterilor pe centrale (reglaj terţiar).

Scopul articolului este de a prezenta principiile de funcţionare şi modurile posibile de realizare a dispecerului automat.

1. Repartiţia optimă a puterilor active în sistemele energetice

După cum se ştie, repartiţia optimă a puterilor active într-un sistem energetic rezultă din condiţia de minim a costului energiei totale produse de cele n centrale termoelectrice ale sistemului (sau a cantităţii totale de combustibil convenţional consumată de acestea), care este o funcţie F de puterile P_j debitate de aceste n centrale*. Se constată că minimul funcţiei F (P_j) are loc atunci cînd sînt îndeplinite egalităţile [1]:

$$\frac{\partial F}{\partial P_1} \cdot \frac{1}{1 - \frac{\partial p}{\partial P_1}} = \frac{\partial F}{\partial P_2} \cdot \frac{1}{1 - \frac{\partial p}{\partial P_2}} = \dots = \frac{\partial F}{\partial P_j} \cdot \frac{1}{1 - \frac{\partial p}{\partial P_j}}, \qquad (3)$$

unde:

$\frac{\partial F}{\partial P_j} = b_j$ reprezintă creşterea relativă a funcţiei F pentru centrala j;

$\frac{\partial p}{\partial P_j} = \sigma_j$ — creşterea relativă a pierderilor totale ale sistemului (p) datorită variaţiei puterii centralei j.

Introducînd notaţia $L_j = \frac{1}{1 - \sigma_j}$, egalităţile (3) devin:

$$b_1 L_1 = b_2 L_2 = \dots = b_j L_j = \dots = b_0. \qquad (4)$$

* Centralele hidroelectrice se pot introduce în calculele de repartiţie alături de cele termoelectrice, cu ajutorul unor caracteristici economice echivalente [3].

În cazul sistemelor pentru care se pot neglija pierderile în rețele, $\sigma_j = 0$ și deci

$$b_1 = b_2 = \ldots b_j = \ldots = b_0. \qquad (5)$$

Pentru determinarea puterilor economice P_j ale celor n centrale termice, este necesară cunoașterea caracteristicilor creșterilor relative $b_j = f_j(P_j)$ ale acestor centrale (care se obțin pe cale experimentală), precum și a valorilor creșterilor relative ale pierderilor totale σ_j. Acestea se obțin fie prin calcul, fie prin măsurători în sistem. Una dintre cele mai utilizate metode pentru calculul creșterilor relative σ_j, respectiv coeficienților L_j, este așanumita metodă a coeficienților B [2].

Metoda constă în a obține din sistemul energetic real un sistem echivalent din punct de vedere al pierderilor (p) și al creșterilor relative ale acestora (σ_j), avînd aceleași centrale și interconexiuni ca și sistemul real, dar un centru de consum unic. Făcînd o serie de ipoteze simplificatoare cu privire la modul de variație a curenților consumatorilor, a puterilor reactive debitate de centrale și a tensiunilor din sistem, pierderile totale ale sistemului considerat se pot calcula cu ajutorul următoarei formule simple [2]:

$$p = \varphi(P_j) = \sum_{i=1}^{s} \sum_{j=1}^{s} B_{ij} P_i P_j. \qquad (6)$$

În această formulă trebuie observat că:

— sumele se efectuează pentru *toate* centralele sistemului (adică n centrale termoelectrice și (s-n) centrale cu program impus sau interconexiuni considerate ca centrale cu program impus, de producție pozitivă sau negativă);

— pierderile se exprimă în funcție numai de puterile active ale acestor centrale, B_{ij} fiind niște coeficienți constanți.

Din formula (6) se obțin creșterile relative ale pierderilor σ_j:

$$\sigma_j = \frac{\partial p}{\partial P_j} = 2 \sum_{i=1}^{s} B_{ij} P_i. \qquad (7)$$

Coeficienții B_{ij} se determină folosind calculatoare cifrice, pentru un regim „de bază" al sistemului, care corespunde la o sarcină intermediară între cea maximă și cea minimă. Odată determinați, ei se introduc în expresia (7), care se consideră valabilă pentru celelalte încărcări ale sistemului. Calculul coeficienților B_{ij} se reface pentru un sistem energetic la intervale relativ mari de timp, o dată cu modificările importante ale structurii sistemului.

Mărimile σ_j din expresia (7) se obțin, simplu, cu ajutorul unui model de curent continuu (P_i fiind considerați curenți, B_{ij} rezistențe) denumit calculator de pierderi [2]. Un astfel de calculator determină care sînt valorile creșterilor relative ale pierderilor $\sigma_1, \sigma_2, \ldots \sigma_j, \ldots, \sigma_s$ pentru orice valori ale puterilor centralelor $P_1, P_2 \ldots P_j \ldots P_s$.

Caracteristicile creșterilor relative ale centralelor termoelectrice $b_j = f_j(P_j)$ se pot deasemenea modela cu ajutorul unor circuite neliniare.

Prin combinarea unor astfel de circuite neliniare (denumite generatoare de funcție) cu un calculator de pierderi, se realizează o mașină de calcul de tip analogic, cu ajutorul căreia se pot determina direct încărcările economice ale centralelor termice ale sistemului P_{1e}, $P_{2e} \ldots P_{je} \ldots P_{ne}$ ținînd cont de pierderile din rețele. În figura 1 este dată schema de principiu a unui astfel de calculator [3,9].

În această schemă $P_1, P_2 \ldots P_j \ldots P_n$ sînt puterile debitate de cele n centrale termoelectrice ale sistemului, iar $P_{n+1} \ldots P_s$ puterile centralelor cu program impus (inclusiv puterile pe interconexiuni), care sînt introduse în calculatorul de pierderi, obținîndu-se creșterile relative ale pierderilor $\sigma_1, \sigma_2 \ldots \sigma_j \ldots \sigma_s$. Un operator aritmetic primind creșterile relative σ_j, precum și mărimea b_0, produce la ieșire creșterile relative $b_j = b_0(1 - \sigma_j)$, care constituie mărimile de intrare ale generatoarelor de funcție. Acestea dau la ieșire puterile economice $P_{1e}, \ldots P_{ne}$. Dacă puterile economice stabilite de calculator, P_{je}, sînt egale cu puterile P_j debitate de cele n centrale termoelectrice, atunci $P_e = \sum_{j=1}^{n} P_{je} = \sum_{j=1}^{n} P_j = P_T$, ceea ce înseamnă că servomotorul integrator

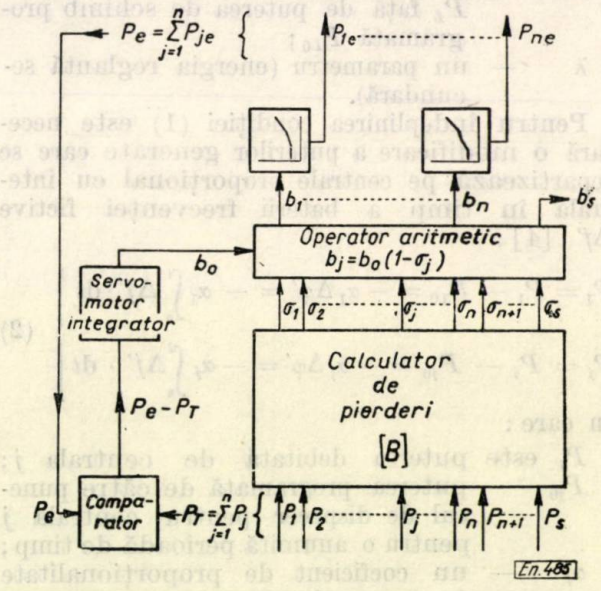


Fig. 1. Schema de principiu a unui calculator economic.

se află în repaus, deci mărimea b_0 este cea corespunzătoare regimului de funcționare optim. Dacă $P_e \neq P_T$, servomotorul integrator va modifica valoarea b_0 pînă cînd suma pu-

terilor economice este egală cu suma puterilor debitate de cele n centrale termice. Noua valoare b_0 va corespunde regimului economic al sistemului.

Un astfel de calculator se poate utiliza în trei moduri:

a) calculator nealimentat din sistem: în această variantă, în calculator se introduce manual o mărime corespunzătoare unei puteri P_T, precum și puterile impuse $P_{n+1} \dots P_s$, calculatorul stabilind cum ar trebui repartizată economic puterea P_T pe cele n centrale termice. Pentru funcționarea calculatorului este necesar, în acest caz, ca puterile economice $P_{1e}, P_{2e} \dots P_{ne}$, obținute la ieșirea generatoarelor de funcție, să fie introduse ca mărimi de intrare $P_1, P_2 \dots P_n$ în calculatorul de pierderi;

b) ca sfătuitor al dispecerului: calculatorul economic este alimentat continuu din sistem, primind prin telemăsură puterile $P_1, P_2 \dots P_s$; calculatorul indică dispecerului puterile economice $P_{1e} \dots P_{ne}$, acesta urmînd să ia măsurile necesare pentru a realiza funcționarea economică a sistemului;

c) în instalația de dispecer automat: calculatorul este alimentat continuu din sistem, el realizînd, împreună cu reglajul frecvenței, comanda automată a regimurilor sistemului.

2. Comanda automată a regimurilor sistemului energetic (dispecerul automat)

Comanda automată a regimurilor unui sistem energetic se realizează prin introducerea în reglajul automat de frecvență (reglajul secundar) a unui calculator economic, care are ca scop optimizarea repartiției impuse de reglajul secundar și care funcționează mai lent decît acesta (reglaj terțiar).

Schemele de dispecer automat se pot realiza, principial, în mai multe moduri, dintre care vom descrie pe cele mai importante.

2.1. în cazul în care regulatorul secundar este de tip proporțional, schema dispecerului automat este cea din figura 2.

Regulatorul secundar măsoară frecvența f și puterea totală de schimb a sistemului P_L și produce mărimea

$$\Delta f' = (f - f_0) + \frac{P_L - P_{L0}}{\lambda},$$

care este repartizată, pentru centralele în reglaj, prin coeficienții de proporționalitate γ_j.

Un calculator economic de tipul celui descris mai sus stabilește, funcție de puterile $P_1 \dots P_s$, puterile economice ale celor n centrale în reglaj, $P_{1e} \dots P_{ne}$. Diferențele $P_j - P_{je}$ se combină cu mărimile de ieșire ale regulatorului secundar $\gamma_j \Delta f'$, trimițîndu-se centralelor de reglaj, prin emițătorii de telecomandă, un ordin de reglaj de forma:

$$\Delta O_j = \gamma_j \Delta f' + (P_j - P_{je}).$$

Recepționînd ordinele de reglaj, motoraşele variatoare de viteză ale turbinelor (funcționînd ca integratori) vor modifica puterea grupurilor, pînă ce $\Delta O_j = 0$. Cînd această condiție este îndeplinită pentru toate centralele în reglaj, rezultă

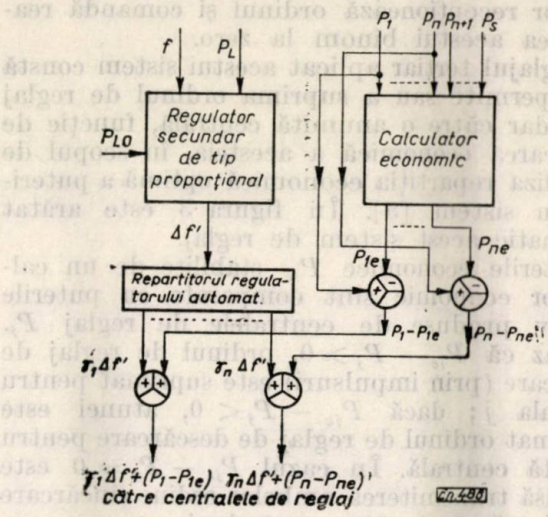


Fig. 2. Schema dispecerului automat cu regulator secundar de tip proporțional.

$$\sum_{j=1}^{n} \Delta O_j = \Delta f' \sum_{j=1}^{n} \gamma_j + \left(\sum_{j=1}^{n} P_j - \sum_{j=1}^{n} P_{je} \right) = 0.$$

Deoarece

$$\sum_{j=1}^{n} P_j = \sum_{j=1}^{n} P_{je} = P_T,$$ în regimul staționar se obține:

$$\Delta f' = 0 \text{ și } P_j = P_{je}.$$

După cum se observă, sistemul este o variantă îmbunătățită, în sensul repartiției optime automate a vechiului mod de reglaj al frecvenței cu statism virtual [4]; el continuă să posede neajunsurile acestui sistem (necesitatea unui mare număr de canale de telemăsuri-telecomandă, folosirea motoraşelor variatoare ca integratori etc.).

2.2. Dacă sistemul de reglaj secundar este de tipul discontinuu, reglajul terțiar acționează prin blocaj [5]. Principiul de funcționare a sistemului de reglaj secundar discontinuu este următorul:

Regulatorul secundar măsoară frecvența f și puterea de schimb P_L și creează binomul $\Delta f' \equiv (f - f_0) + \frac{P_L - P_{LO}}{\lambda}$; funcție de semnul

acestui binom, regulatorul trimite impulsuri către toate centralele în reglaj astfel:

— dacă $\Delta f' > 0$, se trimit impulsuri de descărcare;

— dacă $\Delta f' < 0$, se trimit impulsuri de încărcare.

Motoraşele variatoare de viteză ale turbinelor recepţionează ordinul şi comandă readucerea acestui binom la zero.

Reglajul terţiar aplicat acestui sistem constă în a permite sau a suprima ordinul de reglaj secundar către o anumită centrală, funcţie de încărcarea economică a acesteia, în scopul de a realiza repartiţia economică optimă a puterilor în sistem [5]. În figura 3 este arătat schematic acest sistem de reglaj.

Puterile economice P_{je} stabilite de un calculator economic sînt comparate cu puterile efectiv produse de centralele de reglaj P_j. În caz că $P_{je} - P_j > 0$, ordinul de reglaj de încărcare (prin impulsuri) este suprimat pentru centrala j; dacă $P_{je} - P_j < 0$, atunci este suprimat ordinul de reglaj de descărcare pentru această centrală. În cazul $P_{je} - P_j = 0$ este permisă transmiterea ambelor ordine (încărcare sau descărcare) către centrala j.

Rezultă că, în acest sistem, reglajul terţiar îşi îndeplineşte funcţia prin intermediul reglajului secundar; aceasta implică ca unele eforturi de reglaj să fie preluate numai de centralele determinate prin criteriul economic de repartiţie, ceea ce nu este favorabil nici calităţii reglajului şi nici echipamentului din centrală.

2.3. În cazul în care regulatorul secundar este de tip integral (sau proporţional-integral), una din schemele de principiu de realizare este dată în figura 4.

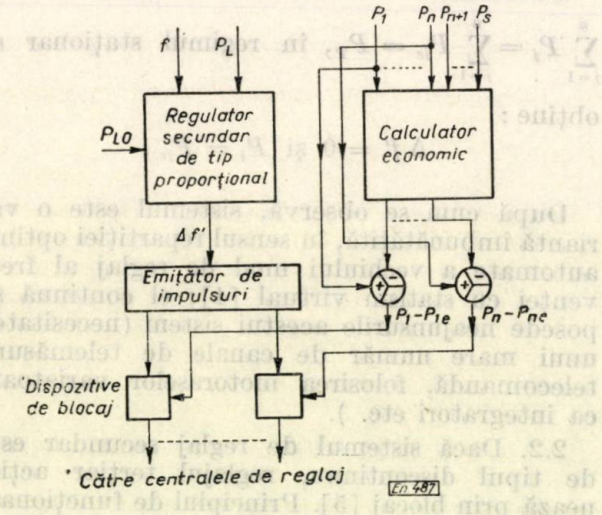


Fig. 3. Schema dispecerului automat cu regulator secundar proporţional discontinuu.

Mărimea de ieşire a regulatorului secundar pentru centrala j, $\alpha_j \Delta \varphi' = \alpha_j \int_0^t \Delta f' \, dt$, se adună cu diferenţa dintre puterea efectiv debitată de centrala j şi puterea economică a acestei centrale stabilită de un calculator economic. Ordinele de reglaj astfel formate:

$$\Delta O_j = \alpha_j \Delta \varphi' + (P_j - P_{je})$$

sînt trimise prin telecanale către centralele

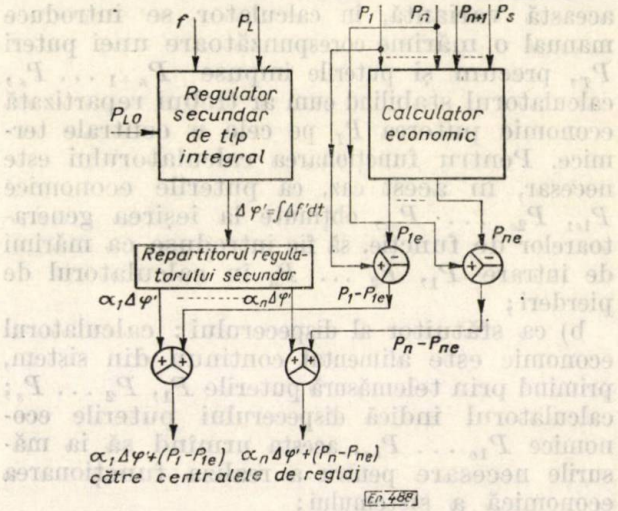


Fig. 4. Schema dispecerului automat cu regulator secundar de tip integral.

de reglaj, unde motoraşele variatoare de viteză vor comanda modificarea puterilor grupurilor, pînă cînd $\Delta O_j = 0$.

La îndeplinirea acestei egalităţi pentru toate grupurile aflate în reglaj rezultă

$$\Delta \varphi' = 0 \text{ şi } P_j = P_{je}.$$

Se observă că, pe lîngă reglajul astatic al frecvenţei, al puterilor schimbate şi al încărcărilor economice, prin acest sistem se reglează şi timpul sincron fictiv $\Delta\varphi'$.

Schema din figura 4 se mai poate concepe prin trimiterea unor ordine de reglaj

$$\Delta O_j = \alpha_j \Delta \varphi - P_{je},$$

la centrale realizîndu-se aservirea ordinului la puterea debitată P_j. Această variantă prezintă interes pentru sistemele energetice care au în funcţiune regulatoare secundare de tip integral (de exemplu reglaj putere-fază-energie [6]), la care dispecerul automat se obţine relativ simplu, suprapunînd ordinul dat de un calculator economic (P_{je}) peste ordinul dat de regulatorul secundar ($\alpha_j \Delta \varphi'$).

În toate aceste scheme se observă existenţa unor legături bilaterale între dispecerul automat şi centrale (de telemăsură a puterilor centralelor la calculatorul economic şi de telecomandă a ordinului de reglaj spre centrale). Pentru varianta descrisă la punctul 2.3 este posibilă realizarea unui dispecer semiautomat care utilizează în locul calculatorului economic un dispozitiv de memorie. În acest dispozitiv se introduc valorile puterilor economice P_{je},

predeterminate prin calcul pentru valori estimate ale sarcinii sistemului. La comanda unui mecanism de orologerie, puterile economice se extrag din dispozitivul de memorie şi se trimit în schema de reglaj. În felul acesta nu mai este necesară telemăsurarea puterilor centralelor de reglaj la dispecer, în schimb, deoarece valorile estimate pentru sarcina sistemului pot diferi de cele reale, este posibil ca repartiţia puterilor să nu fie întru totul optimă.

2.4. O altă cale de a renunţa la telemăsurarea puterilor centralelor de reglaj la dispecer constă în modificarea modului de alimentare a calculatorului economic. Astfel, în loc ca servomotorul integrator să fie acţionat, ca în figura 1, de diferenţa dintre puterea economică necesară şi puterea debitată ($P_e - P_T$), se poate folosi o altă mărime de intrare la servomotor, care însă să corespundă acestui dezechilibru de puteri. Se alege drept mărime de intrare abaterea frecvenţei fictive $\Delta f'$, care corespunde dezechilibrului de puteri din sistem şi care se anulează o dată cu anularea acestui dezechilibru. În acest caz, rolul servomotorului integrator poate fi îndeplinit de însuşi integratorul regulatorului secundar.

În figura 5 este arătată schema unui dispecer automat care ar funcţiona după acest principiu.

Un calculator economic, comandat prin intermediul regulatorului secundar, determină la ieşire puterile economice $P_{1e} \ldots P_{ne}$, care se trimit ca ordine de reglaj terţiar celor n centrale reglante. Aici puterile economice (P_{je}) sînt comparate cu cele efectiv produse (P_j), comandîndu-se încărcarea sau descărcarea centralei, pînă cînd

$$P_{je} - P_j = 0.$$

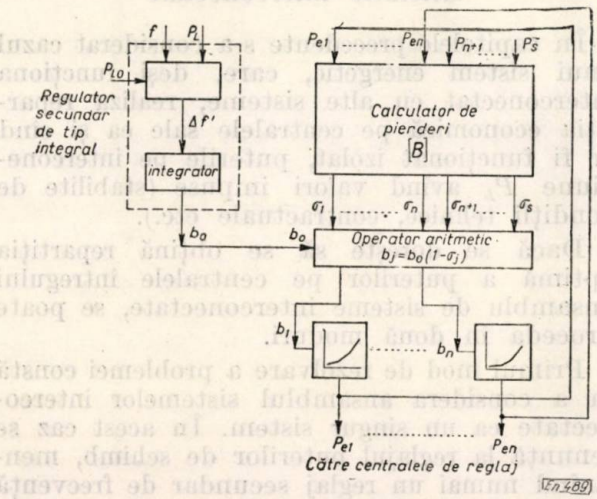


Fig. 5. Schemă de dispecer automat realizat prin alimentarea calculatorului economic de către regulatorul secundar.

În cazul în care în sistem are loc o perturbaţie de putere, care se traduce prin apariţia unei abateri a frecvenţei fictive Δ_f', regulatorul secundar va modifica mărimea b_0 şi, implicit, prin reglajul terţiar, puterile centralelor, pînă cînd abaterea Δ_f' va fi anulată. Aceasta va corespunde noii valori necesare b_0 şi unor noi puteri repartizate în mod economic pe centralele de reglaj. Se constată deci că sînt îndeplinite simultan funcţiunile reglajului de frecvenţă şi ale reglajului economic, observînd însă că reglajul secundar nu acţionează direct, ca în schemele precedente, ci prin intermediul regulatorului terţiar.

Neajunsul acestui sistem constă în următoarele: la o valoare constantă a abaterii $\Delta f'$, viteza de variaţie a mărimii b_0 este constantă, dar vitezele de variaţie a puterilor produse de centralele reglante vor fi funcţie de panta caracteristicilor lor economice, modelate cu ajutorul generatoarelor de funcţie în calculatorul economic. Aceasta nu corespunde necesităţii ca efortul cerut de reglajul de frecvenţă să fie preluat proporţional de toate centralele în reglaj. De aceea este necesar ca sistemele de reglaj de acest tip să comporte suplimentar, pe lîngă dispozitivul de reglaj economic descris mai sus, un dispozitiv cu acţiune relativ rapidă de reglaj secundar. Una din posibilităţi este de a adăuga la ordinul de reglaj P_{je} un termen proporţional cu abaterea frecvenţei fictive, trimiţîndu-se ordine de reglaj de forma:

$$\Delta O = \gamma_j \Delta f' - P_{je},$$

unde $\gamma \Delta f'$ este elaborat rapid de regulatorul secundar, iar P_{je} mai lent de către calculatorul economic.

Pe acest principiu se poate realiza, pentru sistemele energetice neinterconectate ($P_L = P_{L0} = 0$) şi cu pierderi în reţele neglijabile ($\sigma_j = 0$), un sistem de reglaj complet descentralizat, prin montarea la fiecare centrală a unei scheme ca cea din figura 6 [7]. Funcţionarea corectă a acestor scheme presupune determinarea precisă a abaterilor $\Delta f'$ de către toate regulatoarele secundare şi mersul sincron al tuturor integratorilor. Dacă în sistemul respectiv pierderile nu sînt neglijabile, sistemul de reglaj descentralizat se completează cu dispozitive care permit măsurarea directă din sistem a creşterilor relative ale pierderilor σ_j [7].

2.5. În încheiere, la acest capitol vom prezenta o schemă de reglaj secundar şi terţiar cu plasarea generatoarelor de funcţie la centrale [8].

Aşa cum se arată în figura 7, la punctul de dispecer se instalează un regulator secundar, care alimentează un calculator economic fără generatoare de funcţie. Creşterile relative b_j, care se obţin la ieşirea acestui calculator, constituie ordinele de reglaj ce se trimit centralelor reglante. Este de observat că mărimea $b_j = b_0 (1 - \sigma_j)$ are o valoare apropiată de b_0, deoarece factorul $1 - \sigma_j$ este apropiat de unitate, şi că b_0, reprezentînd mărimea de

ieşire a regulatorului secundar, este proporţional cu integrala frecvenţei fictive, deci b_j poate fi privit şi ca un ordin de reglaj

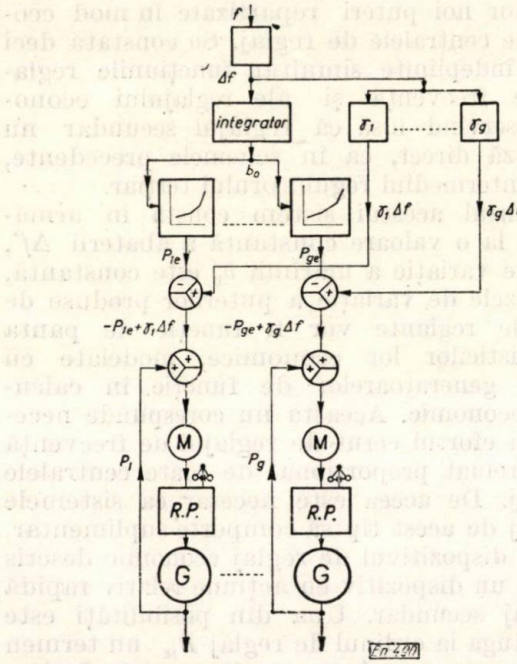


Fig. 6. Schema de reglaj secundar şi terţiar descentralizat (pentru una din centralele de reglaj):
M — motoraş variator de viteză; *R.P.* — regulator primar (de viteză); *G* — grup de reglaj.

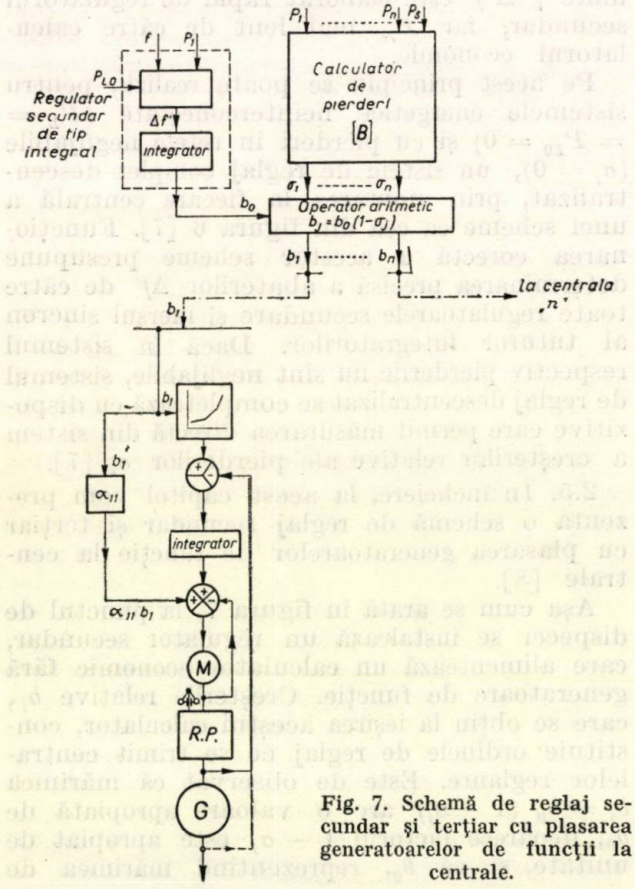


Fig. 7. Schemă de reglaj secundar şi terţiar cu plasarea generatoarelor de funcţii la centrale.

secundar. De aceea la centrală, pentru fiecare grup de reglaj, ordinul de reglaj este derivat pe două căi: pe prima cale, mărimea b_j, multiplicată cu un coeficient α_j de participare la reglaj, atacă motoraşul variator de viteză al grupului, realizînd comanda rapidă de reglaj secundar; pe a doua cale, mărimea b_j stabileşte, cu ajutorul generatorului de funcţie, valoarea puterii economice P_{je} a grupului de reglaj respectiv. Această putere este comparată cu puterea efectiv produsă de grup, trimiţîndu-se prin intermediul unui integrator un ordin de reglaj terţiar, proporţional cu integrala în timp a diferenţei $P_{je} - P_j$. Sub acţiunea combinată a reglajului secundar şi terţiar, motoraşul variator de viteză va comanda încărcarea sau descărcarea grupului pînă la anularea trinomului:

$$\alpha_j b_i + \int (P_{je} - P_j)\ dt + P_j = 0,$$

cînd întregul sistem a ajuns în regim staţionar $b_j = \text{const.}$ şi $\int (P_{je} - P_j)\ dt = \text{const.}$, ceea ce corespunde la $\Delta f' = 0$ şi $P_j = P_{je}$.

O calitate a acestui sistem este aceea că permite, cu ajutorul unui singur ordin de reglaj către o centrală, să se obţină repartiţia optimă pe grupurile acestei centrale, după caracteristicile economice individuale ale acestora. Ca un neajuns este de semnalat faptul că, dacă la repartiţia optimă se ţine seamă de pierderile din sistem, este necesară telemăsurarea puterilor centralelor la punctul de dispecer.

3. Reglajul economic al puterilor de schimb între sistemele interconectate

În capitolele precedente s-a considerat cazul unui sistem energetic, care, deşi funcţiona interconectat cu alte sisteme, realiza repartiţia economică pe centralele sale ca şi cînd ar fi funcţionat izolat, puterile pe interconexiune P_L avînd valori impuse (stabilite de condiţii tehnice, contractuale etc.).

Dacă se doreşte să se obţină repartiţia optimă a puterilor pe centralele întregului ansamblu de sisteme interconectate, se poate proceda în două moduri.

Primul mod de rezolvare a problemei constă în a considera ansamblul sistemelor interconectate ca un singur sistem. În acest caz se renunţă la reglajul puterilor de schimb, menţinînd numai un reglaj secundar de frecvenţă pur şi un reglaj terţiar unic pentru toate centralele ansamblului interconectat.

Cum de obicei sistemele interconectate sînt geograficeşte separate, conducerea centralizată optimă a întregului ansamblu de centrale de la un dispecer unic creează mari dificultăţi de

teletransmisie *. Dacă, în plus, fiecare sistem care s-a interconectat era deja condus de către punctul său de dispecer, apare raţional un al doilea mod de reglaj economic al ansamblului obţinut prin interconexiune: reglajul să se facă în continuare de fiecare dispecer în parte pentru sistemul său şi de către un dispecer central pentru puterile schimbate între sisteme.

Pe baza acestui principiu, problema repartiţiei optime a puterilor în întregul ansamblu interconectat se rezolvă considerînd, pentru calculul minimului funcţiei F, ca variabile atît puterile centralelor termoelectrice cît şi puterile pe liniile de interconexiune şi luînd drept ecuaţii de legătură între variabile ecuaţiile de conservare a puterilor în fiecare sistem în parte. În cazul a două sisteme (A şi B) interconectate printr-o singură linie, regimul optim se obţine atunci cînd sînt satisfăcute simultan egalităţile [3]:

$$\left.\begin{aligned} &\frac{\partial F_A}{\partial P_{1A}} \cdot \frac{1}{1-\frac{\partial p_A}{\partial P_{1A}}} = \ldots\ldots = \\ &= \frac{\partial F_A}{\partial P_{jA}} \cdot \frac{1}{1-\frac{\partial p_A}{\partial P_{jA}}} = \ldots\ldots = b_A \\ &\frac{\partial F_B}{\partial P_{1B}} \cdot \frac{1}{1-\frac{\partial p_B}{\partial P_{1B}}} = \ldots\ldots = \\ &= \frac{\partial F_B}{\partial P_{jB}} \cdot \frac{1}{1-\frac{\partial p_B}{\partial P_{jB}}} = \ldots\ldots = b_B \end{aligned}\right\} \quad (8)$$

şi

$$b_A + b_A \frac{\partial p_A}{\partial P_L} = b_B - b_B \frac{\partial p_B}{\partial P_L} = b_L. \quad (9)$$

Se observă că în fiecare sistem trebuie să se regleze puterile grupurilor după ecuaţii identice cu cele corespunzătoare sistemelor unice (8), cu condiţia ca simultan să se realizeze şi egalitatea (9), adică să se egaleze creşterile relative ale costurilor energiei la frontiera dintre cele două sisteme (presupunînd că F reprezintă costul energiei totale produse). Înseamnă, deci, că modul de reglaj va rămîne acelaşi pentru fiecare sistem în parte, numai suplimentar trebuind să existe un regulator unic care să modifice puterea de schimb program (P_{LO}), astfel încît să se realizeze egalitatea (9).

În figura 8 este dată schema principială pentru reglajul economic al puterii de schimb în cazul a două sisteme interconectate printr-o linie de legătură.

* În acest caz, o soluţie acceptabilă este dată de sistemul complet descentralizat [7] (fig. 6), cu condiţia ca reţeaua de teletransmisie a creşterilor relative să nu fie prea complicată.

Din operatorul aritmetic al dispecerului automat al sistemului A, respectiv B, se extrag creşterile relative $b_{LA} = b_A \cdot (1 + \sigma_{LA}) = b_A\left(1 + \frac{\partial p_A}{\partial P_L}\right)$ şi $b_{LB} = b_B\,(1 - \sigma_{LB}) = b_B\left(1 - \frac{\partial p_B}{\partial P_L}\right)$, care se trimit prin telemăsură la un centru

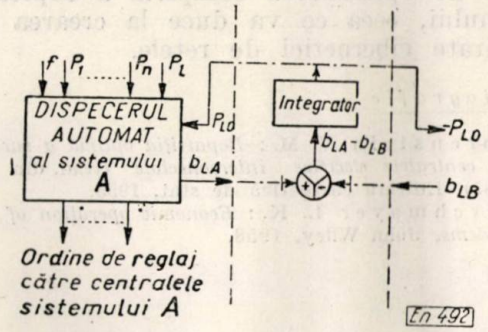


Fig. 8. Schema de reglaj economic al puterii de schimb în cazul a două sisteme energetice interconectate printr-o linie de legătură.

comun, unde se stabileşte diferenţa $b_{LA} - b_{LB}$ şi se comandă modificarea puterii de schimb program P_{LO}, pînă cînd $b_{LA} = b_{LB} = b_L$. Valoarea puterii-program P_{LO} este trimisă prin telemăsură la regulatoarele secundare din dispecerii automaţi ai celor două sisteme.

În cazul existenţei mai multor linii de legătură între două sisteme, sau cînd sistemul unic este realizat prin interconectarea mai multor sisteme, ar fi necesare reglaje suplimentare economice ale puterilor pe aceste linii [3,9].

Concluzii

După cum rezultă din cele expuse, se poate concepe o mare varietate de scheme de dispecer automat. În practică însă au fost experimentate numai cîteva din schemele prezentate în lucrare (2.2 [5]; varianta descentralizată de la 2.4 [7] şi 2.5 [8]). Rezultatele obţinute indică o funcţionare corectă a acestor scheme, astfel încît unele dintre ele au fost introduse în exploatarea curentă.

În general, deoarece problema se află într-o fază puţin avansată, se dovedesc a fi necesare studii suplimentare privind eficacitatea economică a dispecerului automat, precum şi analize comparative ale regimurilor dinamice din sistemele energetice conduse automat de diferite scheme de dispecer. Paralel cu aceste studii, perfecţionările care se vor aduce aparatajului de reglaj şi comandă vor face posibilă aducerea de simplificări schemelor de reglaj, ceea ce va înlesni introducerea dispecerilor automaţi în sistemele energetice. Vor trebui de asemenea aduse precizări privind oportunitatea conducerii centralizate (cu aparataj mai simplu la centrale, dar cu un mare număr

de telecanale între acestea și dispecerul automat) sau descentralizate (cu aparataj complicat la centrale și reducerea telecanalelor).

Problemele care vor intra în competența dispecerului automat nu se vor limita, în viitor, la reglajul frecvenței și al puterilor active, ci vor îngloba o multitudine de aspecte legate de optimizarea completă a exploatării sistemului, ceea ce va duce la crearea unei adevărate cibernetici de rețele.

Bibliografie

[1] Gorenstein V. M.: *Repartiția optimă a sarcinilor pe centralele electrice interconectate* (trad. din limba rusă), Editura energetică de stat, 1953.

[2] Kirchmayer L. K.: *Economic operation of power systems*, John Wiley, 1958.

[3] Kirchmayer L. K.: *Economic control of interconnected systems*, John Wiley, 1959.

[4] Ionescu S., Nicolae P., Pomîrleanu M.: *Principiile de bază ale reglajului automat de frecvență*. Energetica nr. 5, 1959, pag. 216.

[5] Travers R. H.: *Automatic economic dispatching and load control, Ohio Edison System*. Tr. AIEE, part. III, 1957, pag. 291.

[6] Cahen F., Chevallier A.: *Le reglage puissance-phase*. Bulletin SFE, oct. 1953.

[7] Москалев А. Г.: *Автоматическое регулирование режима энергетической системы по частоте и активной мощности* Г, Э, И, 1960.

[8] Burnett K. N., Halfhiell D. W., Shepard B. R.: *A new automatic dispatching system for electric power systems*, Tr. AIEE, part. III, 1956, pag. 1049.

[9] Bauer H.: *Machine à calcul analogique „Sielomat" et Ion application à la répartition automatique des charges*. Bull. AIM, nr. 4, 1960.

O nouă metodă economică de dimensionare și exploatare a unei rețele aeriene de joasă tensiune cu cinci conductoare

IOSIF ADĂMUȚ — București

1. Utilizarea, structura și funcționarea unei rețele aeriene de joasă tensiune cu cinci conductoare

Acest tip de rețea este folosit pentru distribuția energiei electrice atît pentru utilizări casnice — lumină și forță — cît și pentru iluminatul străzilor. Marea majoritate a receptoarelor branșate la această rețea sînt monofazate, de tip ohmic, dînd rețelei un accentuat caracter de rețea de iluminat. Sînt racordate și receptoare trifazate într-o proporție mai redusă. Se folosesc pentru alimentarea străzilor din cartierele necentrale ale orașelor mari, pentru majoritatea străzilor orașelor mici, pentru străzile principale ale satelor și în exploatările forestiere, gospodării agricole etc. În general, în orașe, sînt folosite acolo unde densitatea de sarcină liniară maximă pentru receptoarele casnice și industriale nu necesită, pentru conductoare, o secțiune mai mare de 50—70 mm² Cu sau 95 mm² Al. În cazul necesității unor secțiuni mai mari, se folosește rețeaua de cabluri subterane, din motive de estetică urbanistică.

Structura unei astfel de rețele este: $3 \times S_1 + 1 \times S_3 + 1 \times S_0$ mm², $3 \times S_1 + 1 \times S_3 + 1 \times S_3$ mm², unde $S_0 = S_3$ sau chiar $3 \times S_1 + 1 \times S_1 + 1 \times S_1$ mm², cînd $S_0 = S_3 = S_1$ și toate conductoarele au secțiunea egală. Succesiunea mărimii secțiunilor este: $S_1 \geqslant S_3 \geqslant S_0$.

Primele trei conductoare de secțiune egală notate cu S_1 servesc pentru alimentarea receptoarelor de iluminat și forță, monofazate și trifazate, pentru uzul casnic sau mic industrial. Ele alcătuiesc rețeaua de „iluminat particular", cum este denumită în practică. Ele sînt alimentate din cele trei faze ale transformatoarelor din rețea (fig. 1). La proiectare, consumatorii monofazați se consideră în general uniform repartizați pe cele trei faze ca număr, ca putere instalată și coeficienți de simultaneitate. În exploatarea curentă însă, se ține seamă de obicei numai de repartiția lor uniformă ca număr, de multe ori neglijîndu-se și acest lucru. Consumatorii trifazați se racordează, bineînțeles, pe toate trei conductoarele. Este evident că sarcina la ora de vîrf se consideră, în general, egală pe toate fazele, fapt care conduce la folosirea

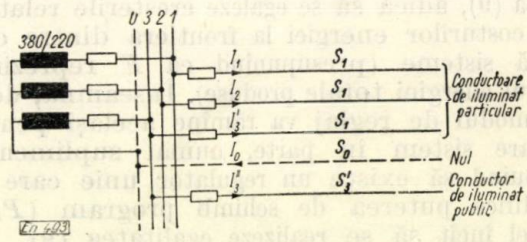


Fig. 1. Schema unei rețele aeriene cu cinci conductoare, de tip „independent".

formulelor de calcul, pentru cazul unei rețele trifazate cu sarcina echilibrată [1] [4] [5] [7] [8].

Al patrulea conductor a cărui secțiune e notată cu S_3 servește pentru racordarea tuturor

corpurilor de iluminat exterior public, uniform distribuite. Acesta trebuie să se dimensioneze cu formula unei rețele monofazate cu două conductoare. Alimentarea acestui conductor se face de la oricare din cele trei faze ale transformatorului, de exemplu faza 3 (fig. 1). Avînd în vedere densitatea de sarcină redusă a iluminatului public, secțiunea conductorului rezultă de obicei mai mică decît a rețelei de iluminat particular.

Al cincilea conductor este nulul rețelei, comun pentru receptoarele de iluminat particular și pentru receptoarele de iluminat public. Avînd în vedere faptul că la o corectă repartiție a receptoarelor de utilizare casnică monofazate, curentul lor rezultant pe nul este zero la ora de sarcină maximă pentru care se face dimensionarea [4] [7] [8], rezultă că prin conductorul de nul trece un curent egal cu acela al conductorului de iluminat public. Aceste considerații conduc la alegerea secțiunii nulului egală cu aceea a conductorului de iluminat public, soluție care este corectă [2].

Într-adevăr, din figura 1 se observă că curentul I_0 pe nul are expresia:

$$\overline{I}_0 = \overline{I}_1 + \overline{I}_2 + \overline{I}_3 + \overline{I}_3'; \qquad (1)$$

însă $\overline{I}_1 + \overline{I}_2 + \overline{I}_3 = 0$, cînd

$$\overline{I}_1 = \overline{I}_2 = \overline{I}_3, \qquad (2)$$

fiind trei vectori egali și decalați cu $2\pi/3$. În acest caz și

$$\overline{I}_0 = \overline{I}_3'. \qquad (3)$$

Relația (2) motivează egalitatea secțiunii conductoarelor de iluminat particular, iar relația (3) pe aceea a secțiunii conductorului de iluminat public cu a conductorului de nul.

Acest mod de proiectare și exploatare a rețelei este însă necorect, deoarece se observă (fig. 1) că din punct de vedere electric există numai trei faze, iar din punct de vedere funcțional sîntem obligați să menținem patru conductoare active [2]. Rezultă deci că actuala repartiție a sarcinilor monofazate pe cele trei conductoare de iluminat particular conduce la fixarea apriori a unei sarcini pe conductorul de nul egală cu aceea a conductorului de iluminat public, contribuind astfel la abaterea de la rolul ce-l are nulul de a prelua numai curenții ce ar rezulta din cauza caracterului aleatoriu al sarcinilor monofazate racordate la cele trei faze. Consecința acestei anomalii se observă în prezent în exploatarea rețelelor prin micșorarea tensiunii pe o fază și creșterea ei pe celelalte două, la consumatorii de iluminat particular, la vîrful de seară, cînd funcționează și iluminatul public, fapt care provoacă nemulțumiri din partea consumatorilor în privința calității tensiunii.

Funcționarea în acest mod conduce la investiții și pierderi de energie suplimentare și la tensiuni de calitate necorespunzătoare.

2. Structura „condiționată" a unei rețele aeriene de joasă tensiune cu cinci conductoare

S-a menționat într-un articol anterior [2] că pentru a se elimina cauza acestor pierderi și tensiuni necorespunzătoare este necesar a se modifica concepția actuală de proiectare și exploatare a acestui tip de rețele procedîndu-se în modul următor:

a) Calculul rețelelor se va efectua considerîndu-se întreaga sarcină a rețelei la ora de vîrf, indiferent de caracterul ei funcțional, iluminat particular forță sau lumină și iluminat public. Deci sarcina totală luată în considerare va fi:

$$P = \sum \frac{P_{i1} K_{s1}}{\cos \varphi_1} + \sum \frac{P_{i2} K_{s2}}{\cos \varphi_2} + \sum P_3 K_{s3} \text{ (VA) (kVA)} \qquad (4)$$

în care

P_{i1}, K_{s1}, $\cos \varphi_1$ sînt puterea instalată a receptoarelor monofazate din rețeaua de iluminat particular, în W(kW), coeficienții lor de simultaneitate și factorul de putere la ora de vîrf de sarcină;

P_{i2}, K_{s2} și $\cos \varphi_2$ — aceleași mărimi pentru receptoarele trifazate;

P_{i3}, K_{s3} — aceleași mărimi pentru receptoarele de iluminat public.

b) Notînd cu:

$$\left.\begin{aligned} \sum \frac{P_{i1} K_{s1}}{\cos \varphi_1} &= P_1 \text{ (VA)}, \\ \sum \frac{P_{i2} K_{s2}}{\cos \varphi_2} &= P_2 \text{ (VA)}, \\ \sum P_{i3} K_{s3} &= P_3 \text{ (VA)} \end{aligned}\right\} \qquad (5)$$

se vor dimensiona conductoarele rețelei astfel:

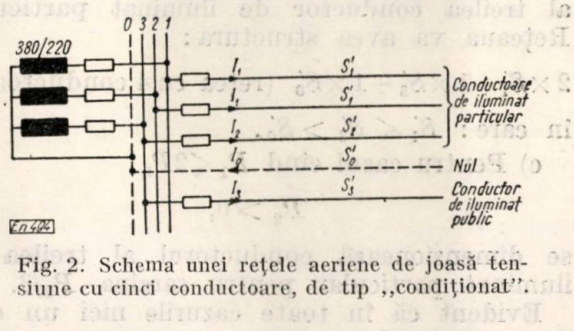


Fig. 2. Schema unei rețele aeriene de joasă tensiune cu cinci conductoare, de tip „condiționat".

Primele două conductoare de iluminat particular, avînd secțiunea S_1', pentru sarcina:

$$P_1' = \frac{P_1 + P_2 + P_3}{3} \text{ (VA) (kVA)}; \qquad (6)$$

al treilea conductor de iluminat particular, avînd secțiunea S'_2, pentru sarcina

$$P'_2 = \frac{P_1 + P_2 - 2P_3}{3} \text{ VA (kVA).} \qquad (7)$$

Conductorul de iluminat public alimentînd numai receptoarele de iluminat exterior, avînd secțiunea S'_3, se va dimensiona pentru sarcina: P_3, W(kW), iar conductorul de nul se va dimensiona la secțiunea minimă admisă de considerente mecanice, și anume 16 mm² pentru rețele din aluminiu, 6 mm² pentru rețele din cupru și 6 mm² ($\varnothing = 2{,}75$ mm) pentru conductor de nul din oțel multifilar [6].

Vom putea proceda astfel avînd în vedere că la ora de vîrf pentru care dimensionăm rețeaua $I_0 \simeq 0$, datorită repartiției egale a receptoarelor pe cele trei faze ale rețelei. De remarcat că intensitățile ce le va suporta conductorul de nul în regim permanent la temperatura de + 25°C sînt acoperitoare pentru eventualele abateri în repartiția consumatorilor sau pentru funcționarea în orele de sarcină redusă, și anume:

pentru conductor de nul din cupru	70 A;
pentru conductor de nul din aluminiu	106 A;
pentru conductor de nul din oțel	25 A [6].

Întrucît în expresia sarcinii de dimensionare a conductorului de secțiune S'_2 (7) avem la numărător un termen negativ, rezultă următoarele:

a) În cazul general, cînd $P_2 > 0$, adică există receptoare trifazate, indiferent de raportul dintre P_1 și P_3, sau cînd $P_1 > 2P_3$, indiferent de faptul că $P_2 \neq 0$ — există sau nu există receptoare trifazate — rețeaua va avea structura:

$$2 \times S'_1 + 1 \times S'_2 + 1 \times S'_3 + 1 \times S'_0$$

ordinea de mărime fiind:

$$S'_1 > S'_2 \leqslant S'_3 \geqslant S'_0.$$

b) În cazul cînd $P_2 = 0$ nu există consumatori trifazați și $P_1 \leqslant 2P_3$ — sarcina de iluminat casnic redusă — nu mai este necesar al treilea conductor de iluminat particular. Rețeaua va avea structura:

$2 \times S'_1 + 1 \times S'_3 + 1 \times S'_0$ (rețea cu 4 conductoare),

în care: $S'_1 \leqslant S'_3 > S'_0$.

c) Pentru cazul cînd $P_1 \leqslant 2P_3$

$$P_2 > 0,$$

se dimensionează conductorul al treilea de iluminat particular pentru sarcina $P_2/3$.

Evident că în toate cazurile nici un conductor din cele necesare nu va avea secțiuni mai mici decît secțiunea minimă admisă de considerente mecanice.

O astfel de structură a rețelei, ca aceea indicată la punctul 2 a, rezultată din metoda de proiectare și exploatare prezentată, am denumit-o „structură condiționată", întrucît ea ține seamă de satisfacerea condiției electrice de a avea curentul pe nul egal cu zero la ora de sarcină maximă, condiționînd aceasta de funcționarea simultană a iluminatului particular și a iluminatului public, spre deosebire de structura actuală a rețelei, la care conductoarele de iluminat particular se dimensionează, de fapt, independent de sarcina conductorului de iluminat public și pe care vom denumi-o în prezenta expunere „structură independentă".

3. Avantajele economice ale „structurii condiționate" a rețelei față de „structura independentă"

Acest sistem de dimensionare a rețelei are următoarele avantaje:

a) economie de material pentru conductoare;

b) economie de energie prin pierderi mai mici;

c) tensiune uniformă pe toate fazele, deci energie de calitate mai bună;

d) economie la stîlpi și la echipamentul respectiv, putînd folosi în linie curentă deschideri mai mari;

e) economie la corpurile de iluminat cu incandescență, pentru iluminatul public.

Pentru a evidenția avantajele (a) și (b) vom exprima valoarea secțiunii totale, precum și a pierderilor de energie totale în ambele variante ce se compară. Vom face apoi raportul mărimilor respective în varianta „structură condiționată" față de varianta „structură independentă" și vom pune condiția ca valorile cîturilor respective să fie mai mici sau cel mult egale cu unitatea.

Pentru simplificarea calculelor și pentru generalizarea formulelor vom face ipoteza că și

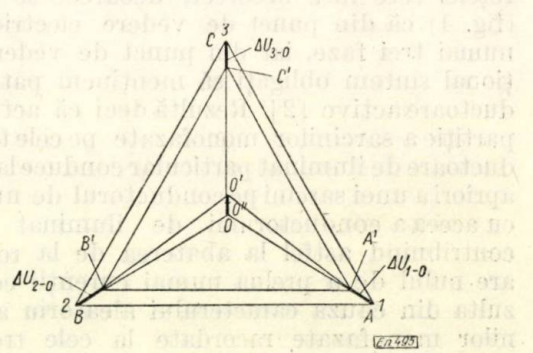


Fig. 3. Diagrama tensiunilor unei rețele aeriene cu cinci conductoare, de tip „independent" și „condiționat".

sarcinile trifazate P_2 sînt uniform repartizate cu o sarcină liniară specifică p_2 $\frac{\text{VA}}{\text{m}}$ ca și sarcinile monofazate P_1 și P_3 cu sarcina liniară specifică p_1 și p_3.

3.1. *Raportul secțiunilor necesare în cele două alternative*

Fie:

— S_{tot_1} — secțiunea totală a celor cinci conductoare ale unei rețele cu „structură independentă" calculată pentru o lungime L_1 cu o densitate de sarcină liniară dată p_1, p_2, p_3 și o cădere de tensiune admisibilă $\Delta U_1^{\%}$, $\Delta U_3^{\%}$, ($\Delta U_2^{\%} = \Delta U_1^{\%}$, fiind rețea comună);

— S_{tot_2} — idem pentru rețeaua cu „structură condiționată", avem:

$S_{tot_1} = 3 \times S_1 + 2 \times S_3$ mm², deoarece s-a văzut că secțiunea nulului (S_0) trebuie să fie egală cu aceea a conductorului de iluminat public, S_3. Dacă am alege secțiunea nulului de o secțiune mai redusă ar rezulta o secțiune mai mare pentru conductorul de iluminat public, astfel ca suma lor să fie constantă pentru aceeași sarcină și cădere de tensiune în circuitul de iluminat public.

Vom avea deci, ținînd seama că P_1 și P_2 au aceeași cădere de tensiune pe linie, avînd rețea comună:

$$S_{tot_1} = 3 \times \left[\frac{100}{\gamma} \cdot \frac{L^2}{2U^2}\left(\frac{p_1+p_2}{\Delta U_1^{\%}}\right)\right] + 2 \cdot \frac{600}{\gamma} \cdot \frac{L^2}{2U^2} \cdot \frac{p_3}{\Delta U_3^{\%}} = \frac{150\,L^2}{\gamma \cdot U^2}\, p_3' (m+4)\ \text{mm}^2, \qquad (8)$$

în care:

$p_1' = \frac{p_1+p_2}{\Delta U_1^{\%}}$ este sarcina liniară specifică a puterii P_1 și P_2 a receptoarelor monofazate și trifazate exprimată în formulele (4) și (5) raportată la căderea de tensiune procentuală admisă;

$p_3' = p_3/\Delta U_3^{\%}$ — idem pentru puterea P_3 a receptoarelor de iluminat public;

$\gamma = 1/\rho$ — conductivitatea specifică a materialului din care se confecționează conductorul, în m/Ω mm²;

L — lungimea liniei, în m;

U — tensiunea de linie, în V;

$m = \frac{p_1'}{p_3'}$ — raportul densităților de sarcină liniare reduse;

S — secțiunea, în mm².

De asemenea,

$$S_{tot_2} = 2 \times S_1' + 1 \times S_2' + 1 \times S_3' + 1 \times S_0' = 2\left[\frac{50}{\gamma} \cdot \frac{L^2}{U^2}\left(\frac{p_1+p_2+p_3}{\Delta U_1^{\%}}\right)\right] + \frac{50}{\gamma}\frac{L^2}{U^2}\left(\frac{p_1-2p_3+p_2}{\Delta U_1^{\%}}\right) + \frac{150}{\gamma}\frac{L^2}{U^2} \cdot \frac{p_3}{\Delta U_3^{\%}} + C = \frac{150}{\gamma} \cdot \frac{L^2}{U^2} \cdot p_3' (m+1) + C, \qquad (9)$$

în care toate simbolurile au aceleași semnificații ca și la (8), iar C reprezintă secțiunea nulului constantă, după cum s-a arătat mai sus.

Raportul secțiunilor totale ale conductoarelor în cele două situații (9) și (8) va fi q:

$$q = \frac{(9)}{(8)} = \frac{150\,L^2\,p_3'}{\gamma\,U^2}(m+1) : \frac{150\,L^2\,p_3'}{\gamma \cdot U^2}(m+4) + \frac{C}{S_{tot_1}} = \frac{m+1}{m+4} + \alpha \leqslant 1, \qquad (10)$$

în care α este raportul dintre secțiunea nulului la structura „condiționată" a rețelei și secțiunea totală a rețelei $S_{tot\,1}$ în varianta structură „independentă".

Rezolvînd inecuația (10) în raport cu m, avem

$$m \leqslant \frac{3}{\alpha} - 4. \qquad (11)$$

Se observă că raportul secțiunilor totale depinde numai de sarcina liniară specifică în W sau kW, de coeficientul de simultaneitate la ora de vîrf, de factorul de putere, de căderea de tensiune procentuală și de lungimea liniei prin α.

Pentru rețelele rurale ale căror secțiuni sînt date în [1], considerîndu-le valabile și pentru cupru și pentru aluminiu, avem:

pentru aluminiu:

$$\left.\begin{aligned} \alpha_{min} &= \frac{16}{175} = 0{,}093\,;\ m_1 \leqslant 28{,}2 \\ \alpha_{max} &= \frac{16}{107} = 0{,}15\ ;\ m_2 \leqslant 16 \end{aligned}\right\}.$$

pentru cupru:

$$\left.\begin{aligned} \alpha_{min} &= \frac{6}{175} = 0{,}0342\,;\ m_3 \leqslant 84 \\ \alpha_{max} &= \frac{6}{107} = 0{,}056\,;\ m_4 \leqslant 49{,}5 \end{aligned}\right\}.$$

Pentru rețelele urbane secțiunile rețelelor în structura „independentă" sînt:

de la $3 \times 35 + 25 + 25$ mm² Al, la $3 \times 95 + 50 + 35$ mm² Al și
de la $3 \times 25 + 16 + 16$ mm² Cu la $3 \times 70 + 35 + 25$ mm² Cu.

Pentru acestea vom avea:
la aluminiu:

$$\left.\begin{aligned} \alpha_{min} &= \frac{16}{370} = 0{,}0433\,;\ m_5 \leqslant 65 \\ \alpha_{max} &= \frac{16}{155} = 0{,}103\ ;\ m_6 \leqslant 25 \end{aligned}\right\};$$

la cupru:

$$\left.\begin{aligned} \alpha_{min} &= \frac{6}{270} = 0{,}0222\,;\ m_7 \leqslant 131 \\ \alpha_{max} &= \frac{6}{107} = 0{,}056\,;\ m_8 \leqslant 49 \end{aligned}\right\}.$$

3.2. *Condițiile de economicitate la pierderile de energie în rețele*

Pentru calculul pierderilor de energie în rețea, vom nota cu τ_1 durata anuală de utilizare a puterii instalate a receptoarelor monofazate;

τ_2 — idem pentru receptoarele trifazate;

τ_3 — idem pentru lămpile de iluminat public.

Ca ordine de mărime $\tau_3 > \tau_1 > \tau_2$. [4].

3.2.1. *Calculul pierderilor de energie la o rețea cu secțiuni tip structură „independentă"*. Vom considera o rețea de secțiuni $3 \times S_1 + 1 \times S_3 + 1 \times S_3$.

3.2.1.1. Pierderile de energie în cazul repartiției sarcinilor ca în rețeaua cu structura „independentă" sînt:

$$\Delta W_{tot_1} = \frac{3L}{2\gamma S_1}\left[\left(\frac{P_1+P_2}{3U_f}\right)^2\tau_2 + \left(\frac{P_1}{3U_f}\right)^2(\tau_1-\tau_2)\right] + 2\,\frac{L}{2\gamma\cdot S_3}\left(\frac{P_3}{U_f}\right)^2\tau_3 = \frac{L^3}{\gamma U^2}\left\{\frac{1}{2S_1}[p_1^2\tau_1 + p_2(2p_1+p_2)\tau_2] + \frac{3p_3^2\tau_3}{S_3}\right\}. \quad (12)$$

3.2.1.2. Pierderile de energie în cazul repartiției sarcinilor ca în rețeaua cu structură „condiționată" sînt:

$$\Delta W_{tot_2} = \frac{2L}{2\gamma S_1}\left[\left(\frac{P_1+P_2+P_3}{3U_f}\right)^2\tau_2 + \left(\frac{P_1+P_3}{3U_f}\right)^2(\tau_1-\tau_2)\right] + \frac{L}{2\gamma S_1}\left[\left(\frac{P_1+P_2-2P_3}{3U_f}\right)^2\tau_2 + \left(\frac{P_1-2P_3}{3U_f}\right)^2(\tau_1-\tau_2)\right] + \frac{L}{2\gamma S_3}\left(\frac{P_3}{U_f}\right)^2\tau_3 + \frac{L}{2\gamma S_3}\left(\frac{P_3}{U_f}\right)^2(\tau_3-\tau_1) = \frac{L^3}{\gamma U^2}\left\{\frac{1}{2S_1}[p_2\tau_2(2p_1+p_2) + \tau_1(p_1^2+2p_3^2)] + \frac{3}{2}\,\frac{p_3^2}{S_3}(2\tau_3-\tau_1)\right\}. \quad (13)$$

3.2.1.3. Comparația pierderilor de energie în cele două variante. Împărțind expresia (13) la (12), vom avea:

$$Z = \frac{(13)}{(12)} = 1 + \frac{p_3^2\tau_1\left(\frac{1}{S_1}-\frac{1,5}{S_3}\right)}{N} \quad (14)$$

în care:

$$N = \frac{1}{2S_1}[p_2\tau_2(2p_1+p_2) + p_1^2\tau_1] + \frac{3p_3^2\tau_3}{S_3}.$$

Pentru ca $Z \leqslant 1$ trebuie ca numărătorul termenului al doilea să fie $\leqslant 0$. Se observă însă că această condiție este permanent îndeplinită pentru o repartiție a consumatorilor după principiul rețelei cu structură „condiționată", secțiunea rețelei fiind de tipul structură „independentă", deoarece

$$\frac{1}{S_1} - \frac{1,5}{S_3} < 0. \quad (14')$$

Economia de energie procentuală în acest caz este:

$$\Delta W^{\%} = \frac{p_3^2\tau_1\left(\frac{1,5}{S_3}-\frac{1}{S_1}\right)\cdot 100}{N}. \quad (15)$$

3.2.2. *Pierderile de energie în rețeaua cu structură „independentă"*. Exprimăm aceste pierderi în funcție de căderile de tensiune procentuală $\Delta U_1^{\%}$, $\Delta U_3^{\%}$, de densitatea specifică de putere, p_1, p_2, p_3 și de durata de utilizare a puterii instalate τ_1, τ_2, τ_3.

Cu aceleași notații ca și la punctul 3.1. și în plus cu:

τ_1 = durata anuală de utilizare a puterii instalate în iluminatul casnic, h/an;

τ_2 = idem pentru aparatele electrocasnice mono și trifazate;

τ_3 = idem pentru iluminatul public, vom avea:

$$\Delta W_{tot_1} = \frac{3L}{2\gamma S_1}\left[\left(\frac{P_1+P_2}{3U_f}\right)^2\tau_2 + \left(\frac{P_1}{3U_f}\right)^2(\tau_1-\tau_2)\right] + \frac{2L}{2\gamma\cdot S_3}\left(\frac{P_3}{U_f}\right)^2\tau_3 = \frac{L^3}{2U^2\gamma S_1}[p_1^2\tau_1 + (2p_1+p_2)p_2\tau_2] + \frac{3L^3}{\gamma U^2 S_3}p_3^2\tau_3. \quad (16)$$

Înlocuind pe S_1 și S_3 cu expresiile lor în funcție de căderile de tensiune procentuale, relația (16) devine:

$$\Delta W_{tot_1} = \frac{L^3[p_1^2\tau_1+(2p_1+p_2)p_2\tau_2]}{2U^2\gamma\cdot\frac{100\,L^2}{2\gamma\cdot U^2}\cdot\frac{p_1+p_2}{\Delta U_1^{\%}}} + \frac{3L^3\,p_3^2\tau_3}{\gamma U_2\cdot\frac{600\,L^2\cdot p_3}{2\gamma U^2\cdot\Delta U_3^{\%}}} = \frac{L}{100}\left\{\frac{\Delta U_1^{\%}[p_1^2\tau_1+(2p_1+p_2)p_2\tau_2]}{p_1+p_2} + \Delta U_3^{\%}p_3\tau_3\right\}. \quad (17)$$

Notînd:

$$p_1 = K_1\,p_3;\ p_2 = K_2\,p_3,$$

relația (17) devine:

$$\Delta W_{tot_1} = \frac{Lp_3}{100}\left\{\Delta U_1^{\%}\,\frac{K_1^2\tau_1+(2K_1+K_2)K_2\tau_2}{K_1+K_2} + \Delta U_3^{\%}\tau_3\right\}. \quad (17')$$

3.2.3. *Pierderile de energie la o rețea cu structură „condiționată"*. Vom exprima pierderile de energie în funcție de aceleași mărimi ca și la punctul precedent.

Trebuie să ținem seamă de particularitățile de funcționare ale acestui tip de rețea, pentru

a lua în considerare și economiile de energie de altă natură decît cele cunoscute în sensul larg al cuvîntului, prin reducerea pierderilor de energie datorită efectului Joule. Acestea sînt consecință a modului de funcționare a iluminatului public.

Într-adevăr, sarcinile sînt astfel repartizate și rețeaua este astfel dimensionată încît la orele de vîrf de sarcină, τ_1 ore anual, pe conductorul de nul curentul este practic zero. Conductorul de iluminat public este dimensionat pentru aceste ore în funcție de întreaga cădere de tensiune ΔU_3 admisă pentru aceste receptoare.

După orele de sarcină a căror însumare ne dă τ_1 h/an, rămîn în funcțiune toate corpurile de iluminat public, în timp ce consumatorii casnici sînt practic deconectați 100%. În această situație, curentul pe conductorul de nul nu mai este practic zero, ci tinde către aceeași valoare cu curentul de iluminat public. Deoarece secțiunea nulului este luată de obicei 16 mm², rezultă că pentru un același curent căderea de tensiune pe nul va fi mai mare decît pe conductorul de iluminat public de β ori, β fiind raportul dintre secțiunile conductoarelor respective $\beta = \frac{S_3'}{S_0'} = \frac{S_3'}{16}$. Notînd cu $\Delta U_3'$ căderea de tensiune pe conductorul de iluminat public, în această situație cu $\Delta U_3''$

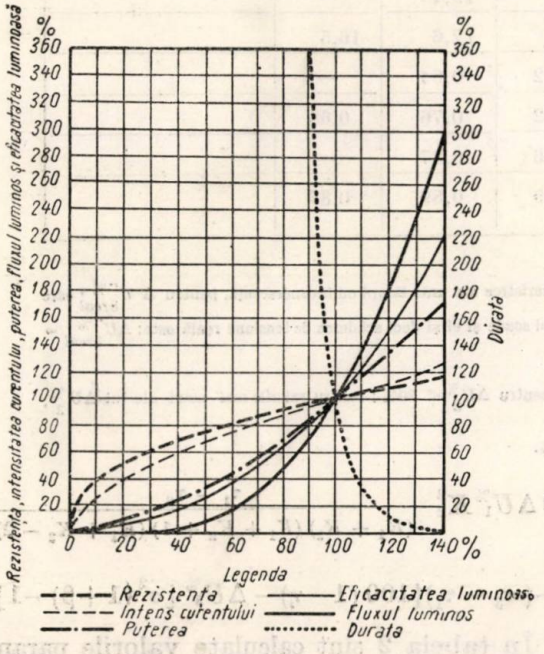


Fig. 4. Variația mărimilor caracteristice ale unei lămpi cu incandescență, în funcție de abaterile de la tensiunea normală.

căderea de tensiune pe nul, căderea de tensiune totală în circuitul de iluminat public va fi: $\Delta U_3 = \Delta U_3' + \Delta U_3''$.

Pentru a putea face comparația, considerăm abaterile de tensiune față de situația cînd nu avem căderea de tensiune pe nul. Tabela 1 indică valorile lui β și pe ale lui $\Delta U_3''$.

Este știut însă (fig. 4) că la tensiuni mai scăzute decît cea normală scade curentul, puterea și fluxul luminos al lămpilor cu incandescență în proporții diferite [3] [11].

Vom nota cu:

$\Delta U_3''^{\%}$ este abaterea de la tensiunea normală a rețelei în sensul notat mai sus;

$\sigma = \frac{I_0}{I_3}$ — raportul curenților de iluminat public la orele de gol de noapte și la orele de vîrf, funcție de $\Delta U_3''$;

$\eta = \frac{p_0}{p_3}$ — raportul puterilor specifice de iluminat public în funcție de $\Delta U_3''$;

$\tau_3 - \tau_1$ — durata de funcționare anuală în acest mod h/an;

$\Delta W_{1-2}, \Delta W_{3\Delta}, \Delta W_{3-10}$ — pierderile de energie în conductoarele S_1', S_2', S_3', S_0', în diversele perioade, notate cu indicele τ.

Pierderea de energie rezultată cu luarea în considerare a energiei neconsumate de iluminatul public în orele de gol de noapte va fi:

$$\Delta W_{tot_2} = \Delta W_{1,2\tau_2} + \Delta W_{1,2}(\tau_1 - \tau_2) + \Delta W_{3\tau_1} + \Delta W_{3,0}(\tau_3 - \tau_1) - (1-\eta) P_3 \cdot (\tau_3 - \tau_1) =$$

$$= \frac{2L}{2\gamma S_1'}\left[\left(\frac{P_1+P_2+P_3)}{3U_f}\right)^2 \tau_2 + \left(\frac{P_1+P_3}{3U_f}\right)^2 (\tau_1 - \tau_2)\right] +$$

$$+ \frac{1}{2\gamma S_2'}\left[\left(\frac{P_1+P_2-2P_3}{3U_f}\right)^2 \tau_2 + \left(\frac{P_1-2P_3}{3U_f}\right)^2 (\tau_1 - \tau_2)\right] +$$

$$+ \frac{L}{2\gamma S_3'}\left(\frac{p_3}{U_f}\right)^2 \tau_1 + \frac{L}{2\gamma S_3'}(\sigma I_3)^2 (\tau_3 - \tau_1) +$$

$$+ \frac{L}{2\gamma\left(\frac{S_3'}{\beta}\right)}(\sigma I_3)^2 (\tau_3 - \tau_1) - (1-\eta) P_3 (\tau_3 - \tau_1) =$$

$$= \frac{L^3}{3\gamma U^2 S_1'}[(p_1+p_3)^2 \tau_1 + (2p_1+2p_3+p_2) p_2 \tau_2] +$$

$$+ \frac{L^3}{6\gamma U^2 S_2'}[(p_1-2p_3)^2 \tau_1 + (2p_1+p_2-4p_3) p_2 \tau_2] +$$

$$+ \frac{3L^3 p_3^2}{2\gamma U^2 S_3'}[\tau_1 + \sigma^2 (\tau_3 - \tau_1)(1+\beta)] -$$

$$- (1-\eta) L p_3 (\tau_3 - \tau_1). \qquad (18)$$

Înlocuind pe S_1', S_2' și S_3' funcție de $\Delta U_1^{\%}$, $\Delta U_3^{\%}$:

$$S_1' = \frac{100 L^2}{2\gamma U^2 \Delta U_1^{\%}}(p_1 + p_2 + p_3)$$

$$S_2' = \frac{100 L^2}{2\gamma U^2 \Delta U_1^{\%}}(p_1 + p_2 - 2p_3)$$

$$S_3' = \frac{300 L^2}{2\gamma U^2} \frac{p_3}{\Delta U_3^{\%}}, \quad S_0' = \frac{S_3'}{\beta},$$

rezultă :

$$\Delta W_{tot_2} = \frac{L}{100}\left\{\Delta U_1^{\%}\frac{\tau_1(p_1^3+p_1^2p_2+2p_2p_3^2-p_1^2p_3-2p_1p_3^2)+\tau_2p_2(2p_1^2+3p_1p_2+p_2^2-2p_1p_3-p_2p_3-4p_3^2}{(p_1+p_2+p_3)(p_1+p_2-2p_3)}+\right.$$

$$\left.+p_3\Delta U_3^{\%}[\tau_1+\sigma^2(\tau_3-\tau_1)(1+\beta)]-100\,p_3(1-\eta)(\tau_3-\tau_1)\right\} \quad (19)$$

Substituind: $p_1 = K_1\ p_3$; $p_2 = K_2\ p_3$, obținem din relația (19) :

$$\Delta W_{tot_2} = \frac{Lp_3}{100}\left\{\Delta U_1^{\%}\left[\frac{\tau_1[K_1^3-K_1^2-2K_1+K_1^2K_2+2K_2)+\tau_2K_2(2K_1^2+3K_1K_2-2K_1+K_2^2-K_2-4)}{(K_1+K_2+1)(K_1+K_2-2)}\right]+\right.$$

$$\left.+\Delta U_3^{\%}[\tau_1-\sigma^2(\tau_3-\tau_1)(1+\beta)-100(1-\eta)(\tau_3-\tau_1)\right\} \quad (19^1)$$

Mărimile β, σ, η, $\Delta U_3^{''\%}$, $\frac{\Delta U_3^{''\%}}{\Delta U_3^{\%}}$ sînt cuprinse în tabela 1.

După o serie de transformări algebrice relația (20′) devine :

Tabela 1

Coeficienții de calcul datoriți reducerii tensiunii

S_3'	16	25	35	50	70	95	Observații
S_0'	16	16	16	16	25	25	
β	1	1,56	2,2	3,13	2,8	3,8	
$\Delta U_3^{''\%}/\Delta U_3^{\%}$	1	1,56	2,2	3,13	2,8	3,8	
$\Delta U_3^{''\%}$	8	12,5	17,6	25	22,5	—	
	5	7,8	11	15,8	14	19	
σ	0,94	0,91	0,87	0,84*	0,85	—	
	0,96	0,94	0,92	0,89	0,90	0,87	
$\Delta U_{3\,real}^{''\%}$	7,5	11,4	15,2	21	19,1	—	
	4,8	7,3	10,1	14,1	12,6	16,5	
η	0,83	0,78	0,7	0,62	0,64	—	
	0,88	0,83	0,8	0,72	0,76	0,68	
σ_{real}	0,94	0,91	0,87	0,86	0,87	—	
	0,96	0,94	0,92	0,89	0,89	0,87	

Observații

1. Coeficientul η trebuie scos din diagrama cu variația mărimilor caracteristice ale unei lămpi cu incandescență, pentru $\Delta U_{3real}^{''\%}$, care ține seama de faptul că la scăderea tensiunii cu $\Delta U_3^{\%}$ curentul din lămpi scade și el și deci scăderea de tensiune reală este: $\Delta U_{3real}^{''\%} = \sigma\,\Delta U_3^{''\%}$.

2. Coeficientul σ poate fi menținut cu valoarea corespunzătoare lui $\Delta U_3^{\%}$ pentru $\Delta U_3^{\%} < 20\%$; pentru valorile mai mari ale lui $\Delta U_3^{\%}$, este necesar a i se recalcula valoarea.

3. Valorile din tabelă sînt calculate pentru $\Delta U_3^{\%} = 8\%$ și $\Delta U_3^{\%} = 5\%$.

3.2.3. ***Compararea pierderilor de energie în variantele*** **: *„condiționat" și „independent"*. Împărțind expresia (19) la (17) va rezulta :

$$y = \frac{(19')}{(17)} = \frac{\Delta W_{tot_2}}{\Delta W_{tot_1}}. \quad (20)$$

Pentru a avea condiții de economie în varianta „condiționat" față de varianta „independent" este necesar ca

$$y \leqslant 1, \text{ adică } \Delta W_{tot_2} \leqslant \Delta W_{tot_1}. \quad (20')$$

$$2\Delta U_1^{\%}K_2^2\frac{\tau_1-\tau_2}{(K_1+K_2)(K_1+K_2+1)(K_1+K_2-2)}- \quad (21)$$

$$-(\tau_3-\tau_1)\{100(1-\eta)-\Delta U_3^{\%}[\sigma^2(1+\beta)-1]\}\leqslant 0$$

În tabela 2 sînt calculate valorile paranteze termenului 2 din relația (21).

Notînd expresia : $100\ (1-\eta) - \Delta U_3^{\%}\ [\sigma^2\ (1+\beta) - 1] = n$, relația (21) va deveni :

$$\frac{n\ (\tau_3-\tau_1)}{2\Delta U_{13}^{\%}(\tau_1-\tau_2)}(K_1+K_2)(K_1+K_2+1)(K_1+ \quad (21')$$

$$+K_2-2)-K_2^2\geqslant 0,$$

Înlocuind $\frac{n(\tau_3 - \tau_1)}{2\Delta U_1^{\%}(\tau_1 - \tau_2)} = a$, expresia (21') devine:

$$Z = a(K_1 + K_2)(K_1 + K_2 + 1)(K_1 + K_2 - 2) - K_2^2 \geqslant 0. \quad (21'')$$

Din întregul plan al mărimilor X şi Y ecuaţia se satisface matematic numai pentru porţiunea haşurată din cadranul I cuprinsă sub ramura $0\ (+\infty)$ a parabolei cubice. Porţiunea $B\ D\ O$ pentru $X < 2$ ne dă valori imaginare pentru K_2 iar, porţiunea $OCA\ (-\infty)$ are X-ii negativi ceea ce nu are sens fizic, mărimile K_1, K_2 şi a fiind esenţialmente mărimi pozitive.

Tabela 2

Calculul valorilor expresiei: $100(1-\eta) - \Delta U_3\%\,[\sigma_r^2(1+\beta) - 1]$

β	1	1,56	2,2	3,13	2,8	3,8	$\Delta U_3^{\%}$
σ_{real}	0,94	0,91	0,87	0,86	0,87	—	8%
	0,96	0,94	0,92	0,89	0,90	0,87	5%
σ^2_{real}	0,885	0,825	0,755	0,740	0,755	—	8%
	0,92	0,885	0,845	0,79	0,81	0,755	5%
$\sigma^2_{real}(1+\beta)$	1,770	2,11	2,42	3,05	2,87	—	8%
	1,84	2,26	2,7	3,27	3,07	3,63	5%
$\Delta U_3^{\%}[\sigma_r^2(1+\beta) - 1)]$	6,11	8,9	11,35	16,4	14,95	—	8%
	4,2	6,3	8,5	11,35	10,35	13,2	5%
$100(1-\eta)$	17	22	30	38	36	—	8%
	12	17	20	28	24	32	5%
$100(1-\eta) - \Delta U_3^{\%}[\sigma^2(1+\beta) - 1]$	10,9	13,1	18,65	21,6	21,05	—	8%
	7,8	10,7	11,5	16,65	13,65	18,8	5%

Notăm:

$$\left.\begin{aligned} K_1 + K_2 &= X \\ K_2^2 &= Y \end{aligned}\right\} \quad (22)$$

Expresia (21'') devine:

$$Y - a\,x(x+1)(x-2) \leqslant 0. \quad (21''')$$

Se observă că ecuaţia (21''') se poate reprezenta printr-o parabolă cubică (fig. 5) avînd soluţiile:

$$x_1 = 0;\ x_2 = -1;\ x_3 = 2.$$

Extremele acestei funcţii sînt date de:

$Y' = a(3x^2 - 2x - 2) = 0$ avînd soluţiile;

$$x_{1,2} = \begin{cases} 1{,}21; \\ -0{,}55; \end{cases} \text{ cu valorile funcţiei } Y_{1,2} = \begin{cases} -2{,}1\,a \\ 0{,}63\,a \end{cases}$$

Tabela 3 arată variaţiile semnului expresiei $Y_{1,2}$

În figura 5, s-au reprezentat şi valorile maxime ale lui K_2 în funcţie de X.

Din tabela 3 şi figura 5 se observă că condiţia (21'') este îndeplinită pentru toate grupurile de valori, exprimate de semnul de ecuaţii (22²) ce satisfac condiţiile:

$$K_1 + K_2 \geqslant 2$$
$$K_2 \geqslant 0. \quad (22')$$

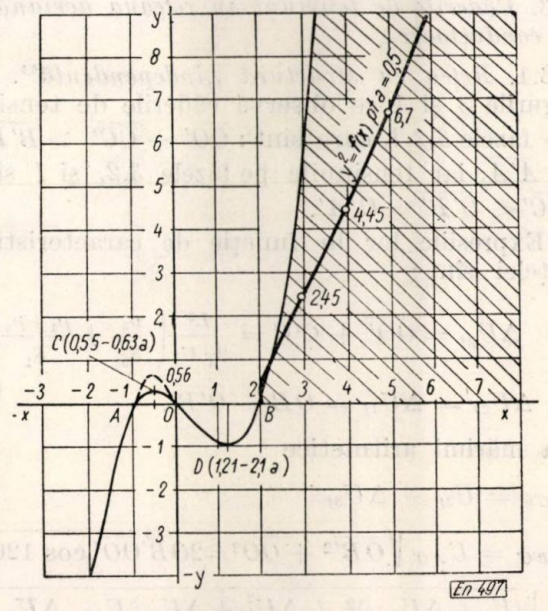


Fig. 5. Curbele de variaţie a coeficienţilor K_1 şi K_2 la o reţea de tip „condiţionat".

Din expresiile (22) şi (22'), rezultă că inegalitatea (21) este satisfăcută pentru orice $K_1 \geqslant 2$, $K_2 \geqslant 0$.

Tabela 3

Variația semnului expresiei y

X	$-\infty$	-1	$-0,55$	0	$1,21$	2	3	4	5	$+\infty$	Valoare
X	$-$			0	$+$	$\pm$					Semn
$X+1$	$-$	0	$+$	$+$	$+$	$+$					„
$X-2$	$-$		$-$	$-$	$-$	$-$	0				„
Y	$-$	$-$	0	$+$	0	$-$	0	$+$	$+$	$+$	„
$Y=K_2^2$		$-$	0	$0,63a$ max	0	$2,1\,a$ min.	0	$12a$	$20a$	$45\,a$	∞	Valoarea
K_2	imaginar		0	$0,79\,a$	0	imaginar	0	$3,45a$	$4,45a$	$6,7a$	∞	„

Întrucît valorile lui a variază în limite largi de la 0,3 la 1,4 rezultă din curba lui K_2 că valorile ce pot fi luate de K_2 sînt mai mari decît suma lui K_1 și K_2, și că deci practic este posibilă orice combinație a valorilor celor două rapoarte K_1 și K_2.

Se observă că condiția $K_1 \geqslant 2$ confirmă faptul că conductorul al 3-lea de iluminat particular dimensionat pentru $(P_1 + P_2 - 2\,P_3) : 3$ trebuie să aibă în orice situație secțiunea necesară pentru puterea trifazată P_2, ceea ce are loc în cazul $P_1 = P_2$; $P_2 \neq 0$.

Expresia raportului pierderilor de energie (20) funcție de K_1, K_2, $\Delta U_1^{\%}$, $\Delta U_3^{\%}$, τ_1, τ_2, τ_3 este laborioasă și de aceea se află economia de energie, calculînd în prealabil pe ΔW_{tot_1} și ΔW_{tot_2}. Se observă însă că pentru valorile practic existente ale lui K_1 și K_2 atît pentru rețelele rurale cît și urbane rețeaua cu structura „condiționată" este mai economică decît rețeaua cu structura „independentă".

3.3. *Căderile de tensiune în rețeaua aeriană cu 5 conductoare*

3.3.1. *Rețea cu structură „independentă"*. Din figurile 3 și 1 se observă căderile de tensiune pe fazele *3,2,1*, care sînt: $\overline{OO'} + \overline{CC'} > \overline{B'B} = \overline{A'A}$, iar tensiunile pe fazele *3,2*, și *1* sînt: $\overline{O'C'} < \overline{O'B'} = \overline{O'A'}$.

Expresiile lor în funcție de caracteristicile rețelei sînt:

$$\Delta U_{3f} = \overline{OO'} + \overline{C'C} = \frac{L^2}{2\gamma\, U_f}\left(\frac{p_3}{S_0} + \frac{p_1+p_2}{S_1}\right)$$

$$\Delta U_{2f} = \Delta U_{1f} = OB - O'B'. \qquad (23)$$

Ca mărimi aritmetice

$$U_{C'O'} = U_{3f} - \Delta U_{3f}$$

$$U_{B'O'} = U_{A'O'}\sqrt{\overline{OB'}^2 + \overline{OO}^2 = 2\overline{OB'}\,\overline{OO'}\cos 120°} =$$

$$= \sqrt{(U_f - \Delta U_{2-0})^2 + \Delta U_{0'}^2 + \Delta U_{0'}(U_f - \Delta U_{2-0})}\,.$$

Se observă că pe fazele *1* și *2* tensiunea poate să ajungă la valori mai mari ca tensiunea normală pe fază în funcție de căderea de tensiune pe nul $\overline{OO'}$.

3.3.2. *Rețea cu structură „condiționată"*. În acest caz curentul pe nul fiind practic zero, cel puțin la orele de vîrf de sarcină, rezultă că $\overline{OO'} = 0$, deci căderile de tensiune vor fi practic egale pe toate trei fazele. Într-o astfel de funcționare, tensiunea este practic aceeași la toate receptoarele aflate la o aceeași distanță de capătul de unde se face alimentarea.

În orele de zi, cînd funcționează numai receptoarele a căror putere este P_2, sarcina fiind echilibrată curentul pe nul este practic zero și căderea de tensiune este mai mică decît cea admisibilă, deoarece conductoarele au fost dimensionate pentru sarcină mai mare ca P_2. Căderile de tensiune reale în această situație nu sînt egale pe toate fazele, fiind mai mari pe faza cu secțiune mai mică (S_2); acest dezechilibru este sub limitele admise, neconstituind deci un neajuns.

În orele de gol de noapte, are loc de asemenea deplasarea punctului neutru din O în O'' (fig. 3), relația între deplasările în cele două situații de funcționare fiind:

$$\overline{OO''} = \beta\,\sigma\,\overline{OO'} = \beta\sigma\,\Delta U_0. \qquad (25)$$

Evident că, în timpul golului de noapte, tensiunea pe conductoarele fazelor de iluminat particular va fi mai mare pe fazele *1* și *2* și mai mică pe faza *3*. Valoarea lor maximă va fi:

$$U_{B'O''} = U_{A'O''} = \sqrt{U_f^2 + \Delta U_{0''}^2 + U_f \Delta U_{0''}}\,.$$

Din tabela 2, reiese însă că pentru o rețea rurală cu $S_3' = 50$ mm² și $S_0' = 16$ mm², $\beta = 3,13$, $\Delta U_3^{\%} = 21\,\%$, rezultă:

$$U_{B'O''} = U_{A'O''} = 1,11\,U_f.$$

Această valoare rezultă pentru cazul cînd sarcina pe toate fazele de iluminat particular ar fi zero. Întrucît însă există o sarcină diferită de zero și pe iluminatul particular, iar tensiunea primară a rețelei este și ea redusă prin măsuri de dispecer, rezultă că putem fi în limitele de tensiune practic admise $+5\%\,U_n$ și în orele de noapte. Menționăm că numărul

receptoarelor ce ar fi supuse acestei supratensiuni este foarte redus, în comparație cu cazul unei rețele de tip „independent", cînd supratensionarea are loc chiar în orele de sarcină maximă.

3.4. *Exemple de calcul*

3.4.1. Fie o rețea rurală cu următoarele caracteristici de sarcină [4]:

$p_{i_1} = 120$ W/gosp. $= 6$ W/m
$K_{S_1} = 0{,}8$
$\cos \varphi_1 = 1$
$\tau_1 = 1\,500$ h/an
$\Delta U_1^{\%} = 7\%$

Puterea necesară la iluminatul locuințelor.

Se consideră distanța între gospodării de 20 m.

$p_{i_2} = 192$ W/gosp. $= 9{,}6$W/m
$K_{S_2} = 0{,}25$
$\cos \varphi_2 = 0{,}8$
$\tau_2 = 500$ h/an
$\Delta U_2^{\%} = 7\%$

Puterea necesară aparatelor electrocasnice. Le considerăm în acest caz ca sarcina P_2 din expresie.

Căderea de tensiune pe linie este aceeași ca și pentru iluminat, fiind racordată la aceleași conductoare.

$p_{i_3} = 20$ W/gosp. $= 1$ W/m
$K_{S_3} = 1$
$\cos \varphi_3 = 1$
$\tau_3 = 2\,300$ h/an
$\Delta U_3^{\%} = 8\%$

Puterea receptoarelor de iluminat public.

Vom avea deci:

$$p_1 = \frac{p_{i_1} K_{S_1}}{\cos \varphi_1} = 6 \frac{\text{VA}}{\text{m}}; \quad p_2 = 3 \frac{\text{VA}}{\text{m}}; \quad p_3 = 1 \frac{\text{VA}}{\text{m}}$$

$$p_1' = \frac{p_1}{\Delta U_1^{\%}} = \frac{6}{7}$$

$$p_2' = \frac{p_2}{\Delta U_2^{\%}} = \frac{3}{7} \qquad m = \frac{p_1' + p_2'}{p_3'} = 10{,}3; \qquad K_1 = 6 \qquad K_2 = 3$$

$$p_3' = \frac{p_3}{\Delta U_3^{\%}} = \frac{1}{8}$$

3.4.1.1. Economia de metal neferos. Conform ec. (8), (9) și (10) avem:

$$S_{tot_1} = \frac{150\ L^2}{\gamma U^2} p_3' (m + 4)\ \text{mm}^2 = 131\ \text{mm}^2$$

$$S_{tot_2} = \frac{150\ L^2}{\gamma U^2} p_3' (m + 1) + 16 = 119\ \text{mm}^2$$

$$q = \frac{m+1}{m+4} + \alpha = 0{,}91$$

pentru $\gamma = 32 \frac{\text{mm}^2 \text{m}}{\Omega}$ aluminiu
$U = 380$ V
$L = 1\,500$ m.

Avînd în vedere secțiunile normalizate, va trebui să adoptăm rețeaua $3 \times 35 + 16 + 16$ mm², secțiunile rezultate din calcul la căderile de tensiune admisibile fiind $S_1 = 31{,}5$ mm², $S_3 = 18{,}3$ mm², pentru care alegem $S_1 = 35$ mm² și $S_3 = 16$ mm².

Secțiunile rețelei în structura „condiționată" vor fi $S_0 = 16$ mm², $S_3 = 16$ mm², $S_2 = 25$ mm² (din calcul 24,5 mm²), $S_1 = 35$ mm², din calculul 35 mm². Vom alege deci rețeaua $2 \times 35 + 1 \times 25 + 16 + 16$ mm² realizînd o economie de 10 mm² la secțiune (7,3%) adică 40 kg la 1,5 km linie sau 27 kg/km.

Evident că pentru alte valori ale lui m de exemplu pentru $m = \frac{85 + 25}{20} = 5{,}5$ și

$\alpha = \frac{1}{175} = 0{,}093$, deci $q = 0{,}778$

adică la 175 mm² rezultă 38,5 mm² economie.

La 1 km de linie rezultă circa 100 kg conductor.

3.4.1.2. Economie de energie. Pentru rețeaua studiată avem $\beta = 1$; $\sigma = 0{,}94$; $\eta = 0{,}83$. Din formulele (17') și (19'') rezultă:

$$\Delta W_{tot_1} = 1\,170\ \text{kWh/an}$$
$$\Delta W_{tot_2} = 1\,040\ \text{kWh/an}$$
$$\Delta W = \Delta W_{tot_1} - \Delta W_{tot_2} = 130\ \text{kWh/an} \rightarrow 11{,}1\ \%$$

Pentru 1 km rezultă 86 kWh/an km. Pentru β mai mare rezultă economii mai mari.

3.4.2. *Fie o rețea urbană (orașe mici) sau rețele periferice la orașe mari*, cu caracteristicile [4]:

$p_{i_1} = (0{,}025 - 0{,}050)$ și $(0{,}010 - 0{,}015)$ kW/m
$K_{s_1} = 0{,}5 \div 0{,}8$
$\tau_1 = 1\,500 \div 2\,500$ h/an și $\Delta U_1^{\%} = 4\%$.

Pentru P_3 considerăm că la 35 m se pune un bec de 100 W deci $p_3 = 3$W/m cu $\tau_3 = 3\,000$ h/an, $\Delta U_1^{\%} = 5\%$.

Deci $p_1' = 3$; $p_3' = \frac{3}{5}$; $m = 5{,}0$; $K_1 = 4$; $K_2 = 0$.

3.4.2.1. Economia de metal neferos. Pentru 1 km rețea vom avea:

$$S_{tot_1} = 176\ \text{mm}^2$$

se va alege: $3 \times 50 + 25 + 25 = 200$ mm²

$$q = 0{,}757.$$

Rezultă deci o economie de $0{,}243 \times 176$ mm²/km $=$ $= 43$ mm²/km sau 116 kg/km.

3.4.2.2. Economia de energie. Pentru rețeaua studiată $\beta = 2{,}2$; $\sigma = 0{,}92$; $\eta = 0{,}8$. Deci

$$\Delta W_{tot_1} = 1\,410\ \text{kWh/an km}$$
$$\Delta W_{tot_2} = 1\,065\ \text{kWh/an km}.$$

Deci $\Delta W = \Delta W_{tot_1} - \Delta W_{tot_2} = 345$ kWh/an km sau în % 24,5%.

Observații. Evaluările de la punctul 3.4. sînt valori indicative, urmînd a se face comparația în mod concret pe fiecare localitate în parte, în funcție de lungimea rețelelor sale și de repartiția sarcinilor. Toate mărimile sînt luate după [1] [4] [6] [10].

3.5. *Concluzii*

1. Rețeaua aeriană cu cinci conductoare — și în general rețeaua de tip mixt iluminat casnic, forță și iluminat public — pentru sarcini casnice în funcționare simultană cu valori cel puțin de două ori mai mari ca sarcina iluminatului public — vor fi mai economice, dacă se va adapta structura tip „condiționat" expusă.

2. Acest tip de rețea prezintă față de rețeaua de joasă tensiune cu cinci conductoare utilizată curent, denumită de autor de tip „independent", următoarele avantaje:

a) consum mai redus de metale pentru conductoare cu procente ce pot varia de la 7% la 24% ;

b) economie de energie ce poate varia de la 11% la 25%:

c) condiții mai bune de tensiune pentru toți consumatorii la orele de vîrf de sarcină;

d) reducerea sarcinii mecanice la stîlpi cu procente ce pot varia de la 7% la 24%, ceea ce duce la posibilitatea măririi deschiderilor și, deci, la reducerea investițiilor și pe această cale;

e) prelungirea duratei de funcționare a corpurilor de iluminat public.

3. Condițiile speciale pentru introducerea acestui tip de rețea sînt:

a) Cunoașterea cît mai bine a sarcinilor cu coeficienții lor de simultaneitate pentru a se putea face o repartiție tip „condiționat" cît mai judicioasă. Aceasta presupune un nivel tehnic mai ridicat pentru personalul de exploatare.

b) Respectarea normelor de dispecer pentru coborîrea nivelului de tensiune de la centrale și stații de transformare în orele de gol de noapte, pentru a reduce astfel căderile de tensiuni pe nulul rețelei de tip „condiționat" de la 1,11 Un la 1,05 Un.

4. Rețeaua cu structura „condiționat" poate fi folosită la toate rețelele aeriene de joasă tensiune cu sarcini mixte, casnic, forță și iluminat public — atît la cele ce se construiesc din nou cît și la cele ce se refac. Acestea vor realiza toate avantajele expuse la punctul 2.

Pentru rețelele cu cinci conductoare existente este indicat a se modifica numai repartiția consumatorilor după tipul „condiționat", pentru a se realiza ultimele două avantaje expuse la punctul 2.

Bibliografie

[1] * * * : M.I.G., I.S.P.E. *Îndrumătorul pentru proiectarea rețelelor electrice aeriene, de joasă tensiune din zona rurală*, 1960 reeditare.

[2] Adămuț I.: *Considerații privind dimensionarea conductorului neutru în rețelele aeriene.* Electrotehnica, **8**, 1960, 10.

[3] Gheorghiu N., Militaru P.: *Iluminatul electric.* Ed. Energetică de stat.

[4] Boțan N. V., Constantinescu E., Pacota A. I.: *Rețele electrice. Calculul electric.* Ed. tehnică, București, 1961.

[5] Karpov F. F.: *Cum se alege secțiunea conductoarelor și cablurilor.* Moscova, 1959. Traducere, Ed. Tehnică, București, 1960.

[6] * * *: *Manualul inginerului electrician*, VII, Ed. tehnică, București, 1958.

[7] Riabckov A. I.: *Rețele electrice.* Traducere din limba rusă, Ed. tehnică, 1952.

[8] Gorodețki G. M.: *Rasciot elektriceskih setei.* Gostehizdat, Kiev, 1953.

[9] Bremser H.: *Elektrische Leitungen und Leitungsnetze für Niederspannungsanalogen und ihre Berechnung.* Leipzig, 1956.

[10] * * *: *Manual pentru electricieni*, Vol. II, Ed. tehnică 1950.

[11] Nahmias G.: *Iluminatul industrial.* Ed. C.C.S., 1954.

Influența alurii curbei de sarcină asupra randamentului mediu al sălii cazanelor de abur a unei centrale termoelectrice

VLADIMIR NICU

Deși se ocupă de un caz particular, revista consideră utilă publicarea acestei lucrări, în care plecîndu-se de la relațiile de consum de combustibil cunoscute se rezolvă într-un mod original o situație concretă ivită într-o centrală existentă.

DIN PARTEA REDACȚIEI

Randamentul mediu al sălii cazanelor de abur variază mult în funcție de alura curbei de sarcină a centralei.

Pentru instalațiile cercetate, s-a constatat că, în scopul simplificării calculelor, caracteristica de consum de căldură a centralei va putea fi echivalată cu o dreaptă cu o singură schimbare de pantă, iar caracteristica de consum a grupului turbogenerator cu o singură dreaptă [1].

Variația randamentului

În scopul studierii influenței alurii curbei de sarcină asupra randamentului sălii cazanelor centralei, se consideră cazul concret al unei

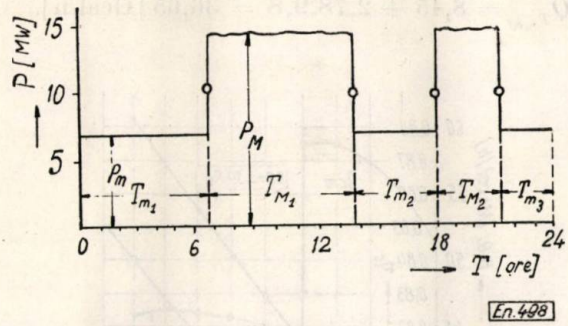


Fig. 1.

centrale existente, de putere mică, echipată cu un grup turbogenerator.

În perioada de iarnă, centrala funcționează după încărcarea în trepte (fig. 1).

Într-o astfel de curbă de sarcină (fig. 1), durata zilnică a sarcinii minime P_m este:

$$T_m = T_{m_1} + T_{m_2} + T_{m_3},$$

iar a sarcinii maxime P_M este:

$$T_M = T_{M_1} + T_{M_2}.$$

Între T_m și T_M există relația:

$$T_m^* + T_M^* = 1, \qquad (1)$$

în care: $T_m^* = \frac{1}{24} T_m$, $T_M^* = \frac{1}{24} T_M$.

Consumul orar de căldură al grupului turbogenerator este dat de relația liniară

$$Q_T = Q_0 + \alpha_0 \cdot P, \qquad (2)$$

în care:

Q_0 este consumul de căldură de mers în gol al grupului;

α_0 — panta caracteristicii liniare;

P — puterea la bornele generatorului.

Consumul de căldură al centralei la sarcina P_m este:

$$B_m = B_{0_1} + \gamma_1 \cdot P_m, \qquad (3)$$

iar la sarcina P_M este:

$$B_M = B_{0_2} + \lambda_2 \cdot P_M. \qquad (4)$$

B_{0_1}, B_{0_2} din expresiile (3) și (4) reprezintă consumurile de mers în gol;

λ_1, λ_2 — pantele corespunzătoare. În figura 2 se reprezintă calitativ dependența consumurilor B_m, B_M, Q_T și a randamentelor η_{c_m}, η_{c_M} cu sarcina P a grupului turbogenerator. Saltul din punctul de frîngere a caracteristicii

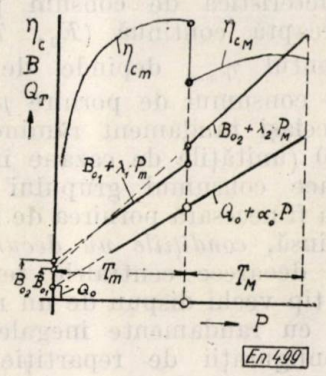


Fig. 2.

generale B reprezintă totalul consumurilor de mers în gol ale cazanelor noi pornite pentru a putea prelua sarcinile P_M.

Pe o perioadă de 24 ore, randamentul mediu al sălii cazanelor inclusiv randamentul conductelor, se definește prin expresia :

$$\eta_{c_{med}} = \frac{(Q_0 + \alpha_0 \cdot P_m) \cdot T_m + (Q_0 + \alpha_0 \cdot P_M) \cdot T_M}{(B_{0_1} + \lambda_1 \cdot P_m)\ T_m + (B_{0_2} + \lambda_2 \cdot P_M) \cdot T_M + \Delta B}, \quad (5)$$

ΔB reprezentînd totalul cîtorva consumuri de pornire.

Între P_m și P_M există relația :

$$P_m = \frac{P_{med} - T_M^* \cdot P_M}{1 - T_M^*}. \quad (6)$$

Energia electrică produsă de centrală, E_0, este :

$$P_m \cdot T_m + P_M \cdot T_M = E_0 = 24\ P_{med},$$

în care P_{med} este puterea medie zilnică produsă de centrală ;

notînd cu :

$$\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1 ;$$

$$\Delta B_0 = B_{0_2} - B_{0_1} ;$$

$$p = \frac{1}{24} \cdot \Delta B,$$

și înlocuind în (5) pe P_m cu valoarea dată în (6), se obține, ținînd seamă de (1) :

$$\eta_{c_{med}} = \frac{Q_0 + \alpha_0 \cdot P_{med}}{\Delta\lambda \cdot T_M^* \cdot P_M + \Delta B_0 \cdot T_M^* + B_{0_1} + \lambda_1 \cdot P_{med} + p}. \quad (7)$$

În condițiile $T_M^* = \text{const.}$ și $P_{med} = \text{const.}$, randamentul sălii cazanelor este o funcție de două variabile :

$$\eta_{c_{med}} = \psi_1 (P_M, p),$$

în care p are semnificație de parametru.

Din expresia (7) rezultă :

Dacă $\Delta\lambda = 0$ și $\Delta B_0 = 0$ — ceea ce arată că și caracteristica de consum pe centrală este o dreaptă continuă (E_0, $T_M^* = \text{const}$). — randamentul $\eta_{c_{med}}$ depinde de o singură variabilă — consumul de pornire p. Este evident că același randament rămîne invariabil dacă $p = 0$ (unitățile de cazane în funcțiune pot satisface consumul grupului turbogenerator fără a fi necesară pornirea de noi unități).

Practic însă, *condițiile nu decurg* așa cum s-a arătat deoarece centralele termoelectrice de vîrf de tip vechi dispun de un număr mare de cazane cu randamente inegale, ale căror diverse configurații de repartiție optimă a sarcinii termice corespund caracteristicilor de consum pe centrală diferite.

Cazul real, în speță, are $\Delta\lambda > 0$, și deci randamentul sălii de cazane $\eta_{c_{med}}$ descrește atunci cînd crește sarcina de vîrf P_M.

Teoretic pot exista cazuri în care $\Delta\lambda < 0$, corespunzînd creșterii randamentului $\eta_{c_{med}}$ la creșterea sarcinii de vîrf P_M.

Exemplu numeric

Cazul 1 : $E_0 = T_M^* = \text{const.}$

Potrivit curbei de sarcină reprezentate în figura 1 rezultă :

$T_m = 6{,}75 + 4{,}5 + 2{,}5 = 13{,}75$ h ;

$T_M = 7 + 3{,}25 = 10{,}25$ h ;

$T_M^* = \int 10{,}25/24 = 0{,}427$;

$E_0 = 7 \cdot 13{,}75 + 14{,}5 \cdot 10{,}25 = 234{,}85$ MWh ;

$P_{med} = \int 234{,}85/24 = 9{,}8$ MW.

În figura 3 se arată caracteristica de consum a centralei și ecuațiile valabile pentru limitele de sarcină P_m și P_M, respectiv caracteristica de consum și ecuația aferentă ale grupului turbogenerator. Pentru exemplificare se dă variația randamentelor η_{c_m} și η_{c_M}.

Cu datele din ecuațiile caracteristice se stabilesc :

$\Delta\lambda = 3{,}39 - 3{,}95 = 0{,}44$ [Gcal/MWh]

$\Delta B_0 = 9{,}9 - 11{,}5 = -1{,}6$ [Gcal/MWh]

$B_{0_1} = 11{,}5$ [Gcal/h] ;

$Q_{T_{med}} = 8{,}45 + 2{,}78 \cdot 9{,}8 = 36{,}65$ [Gcal/h].

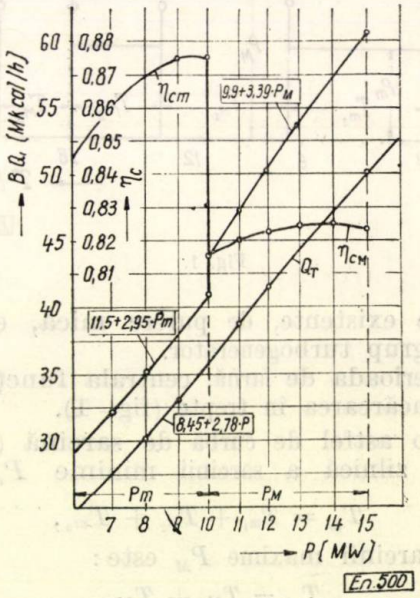


Fig. 3.

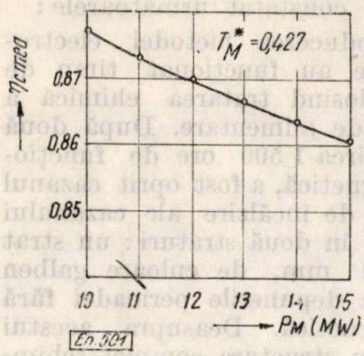
Se admite un consum de pornire mediu orar constant și egal cu :

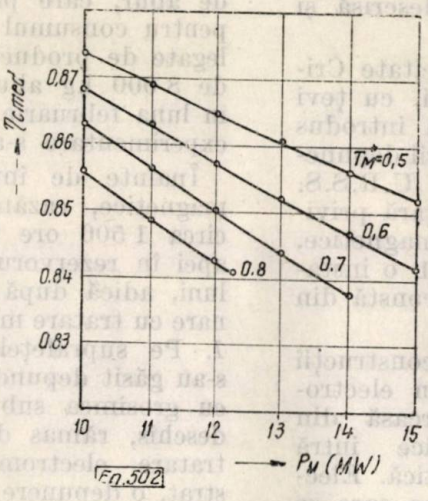
$$p = 2{,}5/24 = 0{,}125 \text{ [Gcal/h]}.$$

Înlocuind datele în relația (7), se obține funcția:

$$\eta_{c_{med}} = \frac{36{,}65}{0{,}44 \cdot 0{,}427 \cdot P_M - 1{,}6 \cdot 0{,}427 + 11{,}5 + 2{,}95 \cdot 9{,}8 + 0{,}125} =$$

$$= \frac{36{,}65}{0{,}188 \cdot P_M + 39{,}842} = \psi_1(P_M),$$





a cărei reprezentare grafică este dată în figura 4.

Cazul 2 : E_0 = const., T_M^* = variabil.

Efectuînd substituțiile numerice în relația (7), se obține

$$\eta_{c_{med}} = \frac{36{,}65}{(0{,}44 \cdot P_M - 1{,}6) \cdot T_M^* + 40{,}525} = \psi_2(P_M, T_M^*).$$

Dînd lui P_M^* și T_M^* valori diferite se obține reprezentarea grafică a variației randamentului cu sarcina (fig. 5).

Concluzii

La aceeași energie electrică produsă de o centrală termoelectrică de vîrf funcționînd cu un grup turbogenerator, randamentul mediu al sălii cazanelor poate lua valori diferite la variația sarcinii de vîrf și a duratei relative respective.

Din analiza influenței curbei de sarcină reiese concluzia că randamentul sălii cazanelor descrește în genere atunci cînd sarcina de vîrf crește. Dacă se ține seamă și de creșterea duratei relative (aferentă sarcinii de vîrf), scăderea randamentului poate atinge cifra de 2,5%. Datorită acestei scăderi, supraconsumul anual de combustibil al centralei poate totaliza valori însemnate.

Bibliografie

[1] Gorșkov A. S.: *Indicii tehnico-economici ai centralelor termoelectrice*, Editura energetică de stat, 1953.

[2] Gorenstein V. M.: *Repartiția optimă a sarcinilor pe centralele electrice interconectate*, Editura energetică de stat, 1953.

DIN EXPLOATARE

Experimentarea tratării electromagnetice a apei de alimentare la C.T.E. Oradea

STEFAN A. PAÁL

Una dintre problemele cele mai însemnate ale exploatării cazanelor de abur este evitarea depunerilor tari pe suprafețele de încălzire.

Metoda cea mai eficace de combatere a depunerilor tari este tratarea prealabilă a apei de adaos prin diferite procedee chimice sau fizice. Pe lîngă aceste metode, este cunoscută și metoda electromagnetică, care se poate utiliza cu rezultate avantajoase la anumite tipuri de cazane.

Procedeul constă în conducerea apei de adaos printr-un cîmp magnetic cu intensitate puternică. Cîmpul electromagnetic, acționînd asupra substanțelor disociate, modifică comportarea acestora și energia reticulară, care este baza formării rețelei cristaline. Sub această influență magnetică, ionii se orientează numai după un singur ax magnetic; structura depunerilor care se formează se schimbă, devenind în mare majoritate poroasă sau de nămol. Modificarea procesului de cristalizare datorită acțiunii cîmpului electromagnetic se poate observa la microscop; în locul cristalelor în formă de romboedre care se formează

fără tratare, după tratarea electromagnetică substanțele alcătuiesc o masă amorfă. Moleculele de apă conduse printr-un cîmp magnetic au influență asupra straturilor de depuneri existente transformînd stratul de piatră veche într-o depunere poroasă, care se poate curăța foarte ușor și repede.

Rezultatele acestei metode au fost expuse în publicația sovietică Promîșlenno-ekonomiceskaia gazeta; metoda a fost descrisă și în gazeta „Tehnica nouă".

Întreprinderea regională de electricitate Crișana — dotată cu cazane de tip vechi, cu țevi fierbătoare (sistem Steinmüller) — a introdus această metodă în vederea combaterii depunerilor tari. Utilizînd datele primite din U.R.S.S. prin I.D.T. și studiile efectuate în țară privitoare la problemele tratării electromagnetice, s-a construit la începutul anului 1961 o instalație electromagnetică (fig. 1), care constă din următoarele piese:

Într-o carcasă făcută din țevi de construcții cu diametrul 150 mm este montat un electromagnet puternic, fixat într-o carcasă din aramă, în care conductele electrice intră printr-o țeavă de aramă antimagnetică. Electromagnetul are un miez din oțel pe care se bobinează în serie șase bobine, calculate pentru 110 V curent continuu și 0,3 A., cu sîrmă de bobinaj cu diametrul 0,37 mm circa 1 500 spire. Carcasa magnetului se fixează în carcasa exterioară cu ajutorul unor șuruburi din material antimagnetic. Instalația este alimentată de la bateria de acumulatoare a uzinei

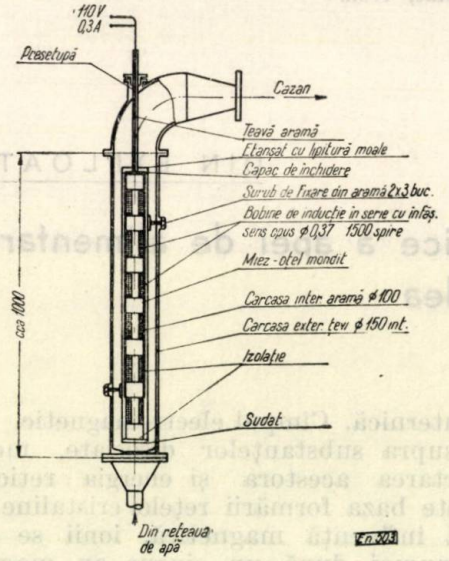


Fig. 1.

și este montată între rețeaua de apeduct și rezervorul de alimentare.

Pentru a asigura evitarea coroziunii a fost utilizată conform indicațiilor serviciului tehnic al D.G.E.E. alcalinizarea, introducînd dintr-un rezervor mic direct în apa de alimentare chimicalele necesare pentru fixarea indicelui *p*H între valorile 9 și 10 (50 g NaOH/m³). Această instalație necesită o deservire de circa o oră pe zi, inclusiv transportul și pregătirea chimicalelor.

Instalația electromagnetică a fost introdusă la cazanele 1 și *2* de 8 at ale centralei termice de abur, care produce abur pentru terți și pentru consumul intern de abur; ele nu sînt legate de producție și au în total capacitatea de 8 000 kg abur/h. Experiențele au început în luna februarie 1960 și în cursul anului de experimentare s-au constatat următoarele:

Înainte de introducerea metodei electromagnetice, cazanele au funcționat timp de circa 1 500 ore folosind tratarea chimică a apei în rezervorul de alimentare. După două luni, adică după circa 1 500 ore de funcționare cu tratare magnetică, a fost oprit cazanul *1*. Pe suprafețele de încălzire ale cazanului s-au găsit depuneri în două straturi: un strat cu grosimea sub 1 mm, de culoare galben deschis, rămas din depunerile perioadei fără tratare electromagnetică. Deasupra acestui strat, o depunere cu structura complet schimbată, poroasă, lesne de sfărîmat, de culoare maro deschis, cu grosimea de 1—3 mm. Acest al doilea strat era umed ca un strat de nămol. După uscare, ambele straturi s-au desprins foarte ușor de pe suprafețele metalice, fără să fie necesară utilizarea frezei sau a uneltelor pneumatice.

Cazanul *2* a fost deschis în luna iunie 1960, adică după circa 2 500 ore de funcționare. În general s-au găsit straturi de depuneri noi, complet umede, în grosime de 2—5 mm, și numai urme ale depunerilor din primele două luni, cînd nu se efectua tratare electromagnetică. Depunerile au fost foarte ușor curățate cu ajutorul unor perii.

La analizele chimice ale depunerilor de pe aceste două cazane s-a stabilit că ele sînt constituite identic depunerilor fără tratare magnetică, adică din carbonat de calciu, schimbîndu-se numai structura lor.

Totodată, verificînd randamentul cazanului prin metoda indirectă de stabilire a pierderilor, s-au constatat modificări neesențiale — acesta datorită faptului că înrăutățirea coeficientului de transmitere a căldurii prin straturile complet umede ale depunerilor poroase și în formă de nămol este neînsemnată.

În urma acestor constatări au fost continuate probele la ambele cazane, cu perioade de funcționare mai îndelungate și cu sarcini mai ridicate.

Cazanul *1* a fost verificat în luna februarie 1961, adică după circa 3 800 ore de funcționare. Țevile au fost găsite în stare corespunzătoare, iar randamentul cazanului între

68 și 71%, fără o diferență însemnată față de cel optim. În această perioadă, cazanul a funcționat circa 800 ore fără nici o tratare. Continuînd funcționarea fără tratare electromagnetică, dar cu o ușoară alcalinizare, în perioada de la 15 februarie la 8 mai 1961 cazanul s-a murdărit complet, unele țevi înfundîndu-se integral cu depuneri. Și în cazul acesta depunerile s-au prezentat sub formă de nămol și au fost curățate ușor; fiind însă în cantitate foarte ridicată, curățarea cazanului a necesitat circa 300 ore-om.

Cazanul *2*, a fost deschis în luna februarie 1961, adică după circa 3 500 ore de funcționare cu tratare electromagnetică. S-au găsit straturi identice celor de la prima deschidere a acestui cazan, bineînțeles de grosimi mai mari, care în unele locuri au atins pînă la 5—10 mm. Curățarea cazanului s-a executat foarte ușor, numai cu perii, necesitînd în total 48 ore-om. Randamentul mediu, ca și la cazanul *1* a fost în jurul a 70%.

Pe lîngă avantajele tratării electromagnetice a apei de alimentare, s-a constatat și o deficiență a acestui sistem care este probabil cauzată de acțiunea complexă magnetică. Acest fenomen constă în existența unor depuneri în interiorul și pe paletele pompei centrifuge de alimentare. Datorită acestora — din punct de vedere chimic identice cu piatra de cazan găsită la instalațiile obișnuite — uzura pompei de alimentare s-a accentuat. Pînă în prezent aceste depuneri nu au putut fi evitate, deci este necesară mutarea instalației magnetice după pompa de alimentare.

Concluzii

În urma experiențelor realizate în perioada februarie 1960-aprilie 1961, se propune introducerea tratării electromagnetice completate cu ușoară alcalinizare la cazane de joasă presiune la care este posibilă curățarea țevilor cu ajutorul periilor.

Metoda nu necesită personal de exploatare, alimentarea rezervorului cu hidroxid de sodiu realizîndu-se o dată pe zi de către personalul de deservire a cazanului.

În cadrul I.R.E. Crișana, unde cazanele la care s-au efectuat experiențele de tratare electromagnetică a apei au avut o durată de utilizare și sarcini reduse, prin tratarea electromagnetică au fost obținute la cei 15 800 m³ apă de adaos o economie de circa 17 000 lei, în comparație cu tratarea pur chimică.

Totalizînd și economiile realizate la întreținere, din care s-au scăzut costul energiei electrice consumate de electromagnet și costul suplimentar de întreținere a pompei de alimentare, s-a realizat o economie de circa 23 000 lei pe an.

Pe baza acestor constatări, la cazanele *1* și *2* (tip Steinmüller) ale I.R.E. Crișana s-a introdus definitiv tratarea electromagnetică.

Sporirea eficacității supraîncălzitoarelor de abur

DINU ARSENE

În foarte multe cazuri — și în special la cazanele de abur de fabricație mai veche, ca, de exemplu, cazanele de tip B. W., care au încă o mare pondere în centralele termoelectrice — supraîncălzitoarele nu mai realizează temperatura nominală și uneori nici măcar temperatura obținută la recepție. Sînt cazuri cînd cazane cu temperaturi nominale de 375°C realizează cel mult 300°C, cauzele care conduc la această situație fiind multiple.

În continuare se vor expune posibilitățile de ridicare a temperaturii de supraîncălzire a aburului prin modificarea circulației aburului prin supraîncălzitor.

Descrierea modificărilor

Cazul considerat se referă la un cazan de tip B. W. secțional longitudinal, instalat la termocentrala Schitu-Goleşti; acesta a mai fost descris într-un articol apărut în revista Energetica, nr. 11, 1960, cu prilejul prezentării altei îmbunătățiri aduse acestui tip de cazan, tot în scopul ridicării temperaturii aburului supraîncălzit. Era vorba despre montarea unui supraîncălzitor suplimentar, instalat în canalul de gaze, înaintea economizorului și înseriat cu supraîncălzitorul cazanului.

Cu ajutorul acestui supraîncălzitor suplimentar s-a reușit să se ridice temperatura aburului supraîncălzit cu circa 40°C — de la 310 la 350°C — temperatura gazelor la coș scăzînd de la 190 la 154°C, la același α coș (1,45) și la aceeași temperatură a apei la intrarea în economizor (38°C), realizîndu-se valori foarte apropiate de cele prevăzute în proiectul acestei modificări.

Modificarea făcută și rezultatele ei nu au rezolvat însă integral problema deficitului de temperatură, întrucît turbinele necesită 350°C, adică exact cît dau acum cazanele. Trebuia găsită o soluție de mărire a supraîncălzirii

aburului cu încă circa 10°C; în acest scop s-a examinat modificarea circulației aburului în supraîncălzitorul inițial al cazanului.

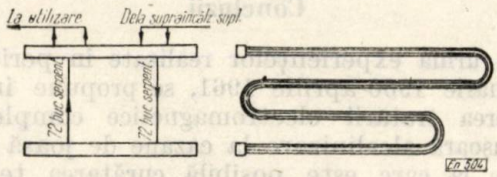


Fig. 1. Schema de circulație în supraîncălzitor – situația inițială.

1. *Schema circulației aburului în situația veche*

Aburul parcurge supraîncălzitorul în două fluxuri, create prin secționarea colectorului superior, și anume:

— Fluxul *I*, compus din 72 bucăți serpentine, cu circulație de la colectorul superior la colectorul inferior.

— Fluxul *II*, compus tot din 72 bucăți serpentine, cu circulație de la colectorul inferior la colectorul superior.

Vitezele medii ale aburului în cele două drumuri sînt:

$$W_I = 6{,}45 \text{ m/s};$$

$$W_{II} = 8{,}52 \text{ m/s};$$

ceea ce înseamnă o viteză medie $W_m = \frac{6{,}45+8{,}52}{2} = 7{,}72$ m/s.

Această schemă este necorespunzătoare, întrucît:

— Viteza medie a aburului este mult prea mică, ceea ce conduce la un coeficient α_1 de transmisie a căldurii de la țeavă la abur scăzut deoarece — după cum se știe — valoarea acestui coeficient variază proporțional cu viteza aburului la puterea 0,79.

— După cum au arătat cercetările experimentale, reacția oxidării interioare a țevii din cauza umidității aburului — după formula: $3\,Fe + 4\,H_2O = Fe_3O_4 + 4\,H_2$ se intensifică la viteze reduse ale aburului; acest lucru s-a verificat pe deplin în cazul considerat.

— Ca urmare a numărului egal de serpentine, pe cele două drumuri există o diferență prea mare între vitezele medii ale aburului în cele două fluxuri, ceea ce conduce la o inegală solicitare termică a supraîncălzitorului și la mărirea turbulenței în colectorul de întoarcere.

2. *Schema circulației aburului în situația modificată*

Au fost studiate două scheme, cu trei și respectiv cu patru fluxuri. Prima conduce la un spor de supraîncălzire mai mic dar și la o cădere suplimentară de presiune mai mică; a doua conduce la un spor de temperatură mai mare, dar — cum e normal — și la o cădere suplimentară de presiune mai mare.

a) *Schema circulației aburului cu trei fluxuri.* După cum se vede, acest circuit se realizează prin secționarea ambelor colectoare în cele trei compartimente corespunzătoare celor trei fluxuri, numărul de serpentine pe flux fiind astfel ales încît vitezele aburului să fie cît mai apropiate.

Astfel:

— Fluxul *I*, compus din 2×22 serpentine, cu circulația de la colectorul superior la cel inferior.

— Fluxul *II*, compus din 2×24 serpentine, cu circulație de la colectorul inferior la cel superior.

— Fluxul *III*, compus din 52 bucăți serpentine, cu circulație de la colectorul superior la cel inferior.

Vitezele medii ale aburului în cele trei fluxuri sînt:

$$W_I = 13 \text{ m/s};$$

$$W_{II} = 13 \text{ m/s};$$

$$W_{III} = 13{,}3 \text{ m/s}.$$

Rezultă o viteză medie de 13 m/s.

Față de situația veche, se realizează un spor de viteză de $13 - 7{,}72 = 5{,}28$ m/s, adică de $\frac{5{,}28}{7{,}72} \times 100 = 68{,}5\,\%$.

O dată cu aceasta, lungimea totală de parcurs a circuitului de abur *1* se mărește de la 20 la 30 m. Prin mărirea vitezei aburului se modifică coeficientul de transmisie α_1, de la peretele țevii la abur, conform relației:

$$\alpha_1 = 23{,}7 \times 1^{-0{,}05} \times de^{-0{,}16} \times W^{0{,}70} \times b.$$

Notînd α_1 și α_1' coeficienții de transmisie în cele două situații, se obține o creștere a acestui coeficient de transmisie $\Delta\alpha$, a cărui valoare rezultă din înlocuirea valorilor:

$$l = 20 \text{ m};$$

$$l' = 30 \text{ m};$$

$$W = 7{,}72 \text{ m/s};$$

$$W' = 13 \text{ m/s},$$

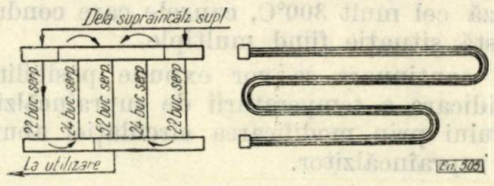


Fig. 2. Schema de circulație în supraîncălzitor – situația modificată.

adică:

$$\Delta\alpha = \frac{\alpha_1'}{\alpha_1} = \frac{30^{-0{,}05} \times 13^{0{,}79}}{20^{-0{,}05} \times 7{,}72^{0{,}79}} = \frac{0{,}841 \times 7{,}59}{0{,}855 \times 5{,}02} = 1{,}47,$$

ceea ce reprezintă o creştere de 47 %. Faţă de valoarea iniţială, în care $\alpha_1 = 330$ kcal/m²·h·°C, aceasta înseamnă un coeficient de $1{,}47 \times 330 = 485$ kcal/m²·h·°C.

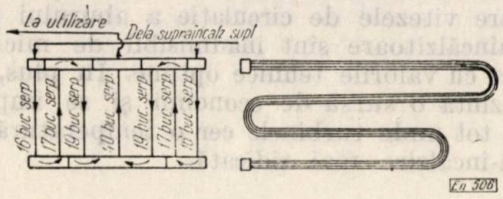


Fig. 3. Schema de circulaţie în supraîncălzitor – situaţia modificată, soluţia a II-a.

Pentru cazul considerat, această creştere a coeficientului α_1 determină o creştere a coeficientului total de transmisie K de la 30,2 la 31,6 kcal/m²·h°C, adică cu $\frac{31{,}6}{30{,}2} = 1{,}05$, ceea ce înseamnă un spor de 5 %.

La aceeaşi suprafaţă de schimb de căldură – 200 m² – şi la un Δtm de 10 g = 191°C rezultă un spor de entalpie Δ_{i_1} de 3,2 kcal/kg, care echivalează cu un spor de temperatură de supraîncălzire Δt de 6°C.

b) Schema circulaţiei aburului cu patru fluxuri. Prin împărţirea colectorului superior în cinci compartimente şi a celui inferior în trei compartimente s-au putut realiza patru fluxuri, şi anume :

— Fluxul *I*, cu circulaţie de la colectorul superior la cel inferior, compus din $2 \times 16 = 32$ bucăţi serpentine.

— Fluxul *II*, cu circulaţie de la colectorul inferior la cel superior, compus din $2 \times 17 = 34$ bucăţi serpentine.

— Fluxul *III*, cu circulaţie de la colectorul superior la cel inferior, compus din $2 \times 19 = 38$ bucăţi serpentine.

— Fluxul *IV*, cu circulaţie de la colectorul inferior la cel superior, compus din 40 bucăţi serpentine.

Şi în acest caz numărul de serpentine pe flux a fost astfel ales încît viteza aburului în supraîncălzitor să fie cît mai constantă. Vitezele medii la cele patru fluxuri sînt :

$$W_{\mathrm{I}} = 17{,}8 \text{ m/s};$$
$$W_{\mathrm{II}} = 18 \text{ m/s};$$
$$W_{\mathrm{III}} = 17{,}5 \text{ m/s};$$
$$W_{\mathrm{IV}} = 17{,}15 \text{ m/s};$$

acestora le corespunde o viteză medie în supraîncălzitor W_m de 17,7 m/s, care este cu $17{,}7 - 7{,}72 = 10$ m/s mai mare decît cea actuală, adică cu

$$\frac{10}{7{,}72} \times 100 = 130\,\%.$$

Această valoare se apropie de valorile recomandate de literatura de specialitate pentru viteze în supraîncălzitoare (18—25 m/s).

O dată cu creşterea vitezei, în schema considerată se obţine şi o creştere a lungimii de parcurs a aburului la valoarea $l = 40$ m.

Faţă de prevederile proiectului se obţine un spor al coeficientului de transmisie α_1 de la perete la abur care rezultă din înlocuirea în formulă pentru α_1 a valorilor :

$$l = 20 \text{ m};$$
$$l' = 40 \text{ m};$$
$$W = 7{,}72 \text{ m/s};$$
$$W' = 17{,}7 \text{ m/s};$$

adică :

$$\Delta\alpha = \frac{\alpha_1'}{\alpha_1} = \frac{40^{-0{,}05} \times 17{,}7^{0{,}79}}{20^{-0{,}05} \times 7{,}72^{0{,}79}} = \frac{0{,}830 \times 9{,}65}{0{,}855 \times 5{,}02} = 1{,}85.$$

Deci, α_1 creşte cu 85 %, adică de la 330 la $1{,}85 \times 330 = 660$ kcal/m²·h·°C.

Pentru cazul considerat, această creştere a coeficientului α_1 determină o creştere a coeficientului total K de la 30,2 la 32,2 kcal/m²·h·°C, adică cu $\frac{32{,}2}{30{,}2} = 1{,}068$, ceea ce înseamnă un spor de 6,8 %.

La aceeaşi suprafaţă de schimb de căldură – 200 m² – şi la un Δtm log = 191°C rezultă, la entalpie, $\Delta i_1 = 4{,}33$ kcal/kg, ceea ce echivalează cu un spor de supraîncălzire Δt de 8,2°C.

Concluzii

Comparînd cele două soluţii, cu trei şi respectiv cu patru fluxuri, cu situaţia iniţială din proiect, se obţin rezultatele înscrise în tabela 1.

Tabela 1

Parametrul	Situaţia existentă	Soluţia *I*	Soluţia a *II*-a
l, kcal/m², h.°C	330	485	660
K, kcal/m². h°C	30,2	31,6	32,2
kcal/kg	—	3,2	4,33
t, °C	—	6	8,2
P, kg/cm²	—	0,3	0,7

Alegerea uneia sau a alteia dintre soluţii depinde de deficitul de supraîncălzire şi de posibilităţile de ridicare a presiunii de regim a cazanelor cu valoarea impusă de căderea de presiune suplimentară în supraîncălzitorul modificat.

Modificarea este foarte simplă, reducîndu-se doar la sudarea unor plăci de separare în interiorul colectoarelor şi la modificarea conductelor de legătură.

Plăcile, compuse din cîte două bucăţi, se introduc fie prin capacele ovale, fie prin secţionare, după cum ţevile sînt prinse la colectare prin mandrinare sau prin sudare. Sudarea plăcilor este puţin pretenţioasă, dată fiind diferenţa de presiune relativ mică între fluxurile la care acestea sînt supuse.

Pe lîngă o creştere a supraîncălzirii aburului, creşterea vitezei de circulaţie a aburului prin supraîncălzitor conduce şi la o protejare a ţevilor împotriva coroziunii datorită prezenţei oxigenului şi bioxidului de carbon.

Modificarea circulaţiei aburului în sensul arătat constituie în acelaşi timp un element de modernizare a cazanelor de construcţie veche la care vitezele de circulaţie a aburului prin supraîncălzitoare sînt inadmisibil de mici în raport cu valorile tehnice optime. În plus, ea reprezintă o sursă de economii şi se impune peste tot unde turbinele cer o temperatură de supra-încălzire mai ridicată.

DOCUMENTARE

Energetică generală

Exploatarea interconectată a energosistemelor R.D.G., R.S.C., R.P.P. şi R.P.U., Müller H. : Energietechnik, nr. 7 1961, pag. 300—304.

În octombrie 1960, după încercări de exploatare, a început un schimb cvadripartit de energie electrică între R.D.G., R.P.P., R.S.C. şi R.P.U. Interconexiunile sînt realizate prin linii duble de 220 kV.

Cauzele care au determinat această interconectare sînt :

1. Mărirea siguranţei de exploatare.
2. Schimb de energie cvadripartit.
3. Compensarea vîrfului.
4. Ajutor în caz de avarii.
5. Micşorarea rezervei de avarie.
6. Reduceri de pierderi în reţele.

Liniile de 220 kV permit, pentru perioade scurte de timp, schimbări de puteri de 200 MW.

Pentru anul 1965 se prevede că această interconexiune va aduce o reducere cu 270 MW a vîrfului în cele patru ţări.

În prima etapă, schimbul de energie electrică s-a făcut parţial în exploatare dirijată ; un număr variabil de maşini dintr-o centrală a uneia din cele patru ţări participante alimenta — separat de restul maşinilor — prin linia de interconexiune, sistemul ţării partenere.

În exploatarea interconectată între cele patru ţări socialiste, R.S.C. preia — datorită situaţiei sale geografice — reglarea frecvenţei într-o bandă stabilită de 49,8—50,2 Hz, în timp ce celelalte trei ţări ţin puterea de schimb în toleranţe stabilite, garantate prin sancţiuni.

Compararea în timp a puterilor de schimb în exploatare radială prezintă variaţii însemnate de putere la cele patru locuri de transfer. Pentru a putea menţine în limite strînse frecvenţa şi puterea este necesară o reglare automată în fiecare sistem. Cei patru parteneri au adoptat reglajul caracteristicii de reţea.

În R.S.C. la schimbarea maşinilor pentru exploatare dirijată spre Austria sistemele celor patru ţări se pun pentru scurt timp în paralel cu ţările vest-europene. Pentru comanda unică este necesar un dispecer central, prevăzut în etapa finală la Praga ; pentru intercomunicare se prevede limba germană.

Comunicaţiile telefonice şi telegrafice, precum şi telemăsurătorile locurilor de transfer, trebuie să lege pe dispecerul central cu dispecerii naţionali şi pe aceştia între ei.

Desfăşurarea exploatării în colaborare a energosistemelor se completează prin convenţii bilaterale. Într-un tarif trizonal s-a fixat schimbul în timp al energiei electrice. Raportul dintre timpul de noapte, restul zilei şi cel de vîrf este 0,7 : 1 : 2. Compensarea de vîrf şi ajutorul de avarii se face cu balanţă nulă în timpul unui trimestru.

Planurile de reparaţii ale fiecărei ţări se întocmesc în concordanţă cu exploatarea interconectată, dispecerului central i se trimit balanţe energetice lunare. Săptămînal şi zilnic programele operative se transmit telegrafic dispecerului central, iar avariile periculoase i se raportează imediat telefonic.

Pentru etapa care va începe după anul 1963 s-a prevăzut interconectarea sistemului energetic al acestor ţări cu sistemul energetic al Ucrainei de vest, prin nodul Mukacevo, folosindu-se linii de 400 kV.

g. f.

*** * * : Dezvoltarea sectorului electroenergetic al Elveţiei în anul 1959/1960**, Bulletin A. S. E. **52**, 1961, nr. 6, pag. 207—228, 15 fig. 12 tab.

Oficiul federal pentru economia energetică publică obişnuitul raport anual asupra dezvoltării sectorului energetic pe anul 1.X.1959—30.IX.1960. Raportul conţine date ample despre evoluţia intervenită în anul raportat, precum şi aprecieri asupra celei viitoare.

Producţia de energie electrică a crescut faţă de anul precedent, realizîndu-se sporul procentual cel mai mare de pînă acum din Elveţia, şi anume :

producţia, GWh	1958/1959	1959/1960	din care în centrale publice	din care în centrale industriale
pe bază : hidraulică	18078	18826	—	—
calorică	103	246	—	—
import	942	2080	—	—
total	19123	21152	17 797	3 355
export	2860	3396	3 034	362

			în procente
consum, inclusiv cazane electrice şi pompaj de acumulare	16263	17756	109,2
exclusiv cazane etc.	15722	17076	108,6

Creşterea este de 9,8% în sectorul industrial, 9,4% în cel domestic, meserii şi agricultură, 8,9% în sectorul electrochimic, metalurgic şi termic şi 6,5% la căile ferate, aşa că în anul de raport sectorul casnic, inclusiv meserii şi agricultură, consumă 48% din total, industria (fără cuptoare electrice) — 42% şi căile ferate—10%.

Importanţa importului şi exportului de energie electrică pentru economia Elveţiei este arătată de provenienţa producţiei din semestrul de iarnă : debit curent — 57%, acumulare — 30%, import — 11% şi debit caloric — 2%, pe cînd în semestrul de vară s-a exportat 20% din producţia pe bază hidraulică, aşa că, în medie anual s-a exportat 7% din producţia hidraulică.

În ce priveşte perspectivele, raportul prevede următoarele creşteri ale puterii instalate în LIHE, în GW :

uzine	1959/1960	creştere	1966/1967
cu acumulare	3,19	2,47	5,66
pe firul apei	2,05	0,67	2,76
total	5,24	3,14	8,38

tendinţa netă fiind creşterea ponderii puterii instalate în centralele de acumulare. Raportul constată că programul de

investiţii în curs de realizare asigură o acoperire a consumului în viitorii şapte ani; după aceia, vor trebui însă puse în funcţiune alte centrale, neconcretizate încă. Programul de investiţii pe anul din raport a însumat 880×10^6 fr. elv., din care 75% pentru construcţii de centrale şi 25% pentru instalaţii de transport şi distribuţie, aparate de măsură, imobile de administraţie şi colonii. Mijloacele fixe ale sectorului energetic se ridică la suma de 6×10^9 fr. elv., din care $3{,}65 \times 10^9$ fr. elv. în funcţiune, restul în curs de construcţie. Din mijloacele fixe, peste 4×10^9 fr.elv. sînt finanţate prin obligaţiuni. Dobînda medie a obligaţiunilor a fost în 1960 de 3,48%, pe cînd dividendul brut mediu a fost de 5,75.

b.v.

Energie electrică obţinută cu ajutorul gazelor de reacţie Harris D. J.: Journal of the Institution of Electrical Engineers, **7**, 1961, nr. 74, pag. 84—86.

Energia cinetică a gazelor la ieşirea din reactor poate fi transformată direct în energie electrică.

Jetul de gaze obţinut printr-un ciclu continuu, dar preferabil printr-unul discontinuu (prin impulsuri); se ionizează, spre a obţine viteze mai mari (cu ajutorul unui fascicul de particule încărcate electric, de ordinul 250 keV, sau printr-un cîmp electric de frecvenţă foarte înaltă sau, în al treilea mod, folosind temperatura înaltă a jetului de gaze, ceea ce produce ionizarea unora dintre molecule) şi este frînat cu ajutorul unui cîmp magnetic.

În articol sînt indicate metode diferite pentru realizarea frînării gazului.

Se menţionează că în S.U.A. au fost realizate două generatoare experimentale, unul de 10 kV şi altul de 1 kV, cu jet continuu de gaze.

l.d.

Calculatoare de tip analogic pentru repartiţia economică exactă a sarcinii între centrale, Schneider W.: OZE nr. 1, 1961, pag. 15—16.

Problema repartiţiei economice a sarcinii între centrale implică controlul producţiei diverselor centrale şi al pierderilor în reţelele de transport. Existenţa pierderilor în reţele complică condiţiile de repartiţie optimă, care constau în egalitatea costurilor diferenţiale de producere a energiei electrice la diverse centrale. Se stabileşte o formulă a pierderilor, cu care orice reţea poate fi analizată ca o reţea radială. Se arată avantajele şi experienţa obţinută prin utilizarea maşinilor analogice de tip Siclomat, precum şi un alt tip de maşină construită pe baza indicaţiilor Soc. Brayenwerk şi care funcţionează din anul 1959 la dispecerul din Karlsfeld.

a.r.

Electroenergetica

* * *: **Statistica accidentelor provocate de curent electric în Austria, în anii 1957 şi 1958,** Elektrizitätswirtschaft, **60**, 1961, nr. 11, pag. 407—410, 10 tab.

Ministerul pentru comerţ şi economie energetică din Austria a publicat recent rezultatele statisticii accidentelor provocate de curentul electric în anii 1957 şi 1958. Datele sînt prezentate după multiple criterii. Repartizarea se face:

— după regiuni, numărul accidentelor fiind raportat la numărul de locuitori (număr specific de accidente) şi la energia electrică consumată;
— după profesia accidentaţilor;
— după tipurile de tensiuni şi felul curentului;
— după sectoare economice;
— după locuri (instalaţii de producţie, distribuţie, consum);
— după cauzele care au provocat accidentele;
— după urmările asupra sănătăţii accidentaţilor;
— după felul accidentului (de lucru, de circulaţie, casnic, intenţionat) etc.

Pentru întocmirea unei statistici atît de cuprinzătoare, întreprinderile de electricitate sînt obligate să completeze pentru fiecare accident în parte un formular de recensămînt foarte detaliat. Se constată însă că nici datele amănunţite cerute nu asigură lămurirea tuturor situaţiilor. De exemplu, în repartizarea accidentelor pe cauze figurează, între altele, următoarele categorii:

Cauza accidentelor	Numărul accidentelor (datele din paranteză reprezintă accidentele mortale)	
	1957	1958
— nedeconectarea instalaţiilor	85(12)	67(16)
— carcase puse la masă	98(14)	70(12)
— izolaţii defecte	30(3)	32(10)
— aparate necorespunzătoare NTS	13(6)	11(6)
— neatenţie, grabă	43(5)	18(6)
total	474(54)	351(68)

Din aceste date nu se poate deduce dacă la aparatele ale căror carcase se aflau sub tensiune existau măsuri de protecţie, de ce acestea nu au evitat accidentele sau dacă nu cumva tocmai acestea le-au provocat. Deoarece numai cunoaşterea exactă a cauzelor accidentelor oferă mijloacele pentru combaterea acestora, se propune îmbunătăţirea metodelor de recenzare.

De relevat sînt următoarele cifre comparabile: numărul specific de accidente mortale (la milionul de locuitori) în Austria a fost în 1957 — 7,8 şi în 1958 — 9,7, pe cînd în Elveţia, R.F.G., S.U.A. şi Suedia nu depăşeşte 6. Sînt indicate şi accidentele provocate de trăznet în Austria: 1957— 25 cazuri, din care 6 mortale, în 1958—18 cazuri, din care 2 mortale.

Recenzentul relevă că în R.F.G. încă nu s-a realizat pînă acum, după criterii unitare, statistica accidentelor şi cauzele lor.

b.v.

* * *: **Rezultatele noii statistici a deranjamentelor şi avariilor din reţelele de înaltă tensiune din R.F.G. în 1958,** Elektrizitätswirtschaft, **60**, 1961, nr. 7, pag. 219—231, 9 tab., 9 ref. bibl.

Colectivul pentru statistica deranjamentelor şi a avariilor din Asociaţia germană a întreprinderilor de electricitate (VDEW) prezintă, în colaborare cu Societatea de studii pentru instalaţii de înaltă tensiune, noua metodologie a statisticii deranjamentelor şi avariilor, introdusă în 1956, şi primele rezultate de ansamblu realizate în 1958.

Noua metodologie, elaborată pe baza experienţei făcute încă în 1949, urmăreşte exploatarea statistică cît mai detaliată a fenomenelor provocatoare de deranjamente şi a cauzelor defectelor, fără a pierde din vedere posibilităţile de constatare şi raportare ale întreprinderilor de electricitate. Pentru a evita interpretarea diferită a categoriilor în care trebuie încadrate deranjamentele şi avariile, au fost redefinite în circulara de lansare a recensămîntului principalele noţiuni. *Deranjamentul* este constituit din orice modificare neintenţionată a stării normale de exploatare a unei reţele, în ceea ce priveşte conectarea şi izolarea. Deranjamentul este provocat de un *defect*, care, eventual, îşi are originea în reţelele conectate, întreruperea unei alimentări fiind de asemenea considerată ca deranjament. În fiecare caz trebuie să se distingă *fenomenul provocator* al deranjamentului, cu defectul respectiv, de cauza defectului. *Cauza defectului* tinde să arate lipsurile, suprasolicitarea sau influenţa suferită din exterior, care au produs defectul dat şi suscită probleme de dimensionare şi întreţinere a reţelei şi a tipurilor constructive de aparataj din reţea. *Felul deranjamentului* arată acţiunea defectului asupra exploatării reţelei, iar *felul defectului* indică modificarea stării reţelei, respectiv a izolaţiei, sau întreruperea unei alimentări a reţelei. *Locul defectului* se recenzează pentru a se putea urmări frecvenţa deranjamentelor în diferitele părţi ale unei reţele. Fiecărei *avarii* trebuie să i se determine cauza, care poate să nu coincidă cu cauza defectului. Alte date privind existenţa şi gradul de solicitare a protecţiei contra supratensiunilor, fenomenele speciale din timpul deranjamentelor, localizarea lor în timp şi situaţia reţelei completează împrejurările deranjamentelor.

Recenzarea se face prin formulare separate pentru fiecare caz în parte. Centralizarea datelor se face în liste colectoare, pe tensiuni şi pe numere de cod. Datele din listele colectoare,

care dau o privire de ansamblu asupra deranjamentelor dintr-o perioadă, sînt transpuse de către Asociaţie, după acelaşi cod, în fişe perforate, cu ajutorul cărora se asigură determinarea dependenţelor şi valorificarea legăturilor constatate.

Articolul reproduce in extenso, după circulara citată, schema de încadrare a deranjamentelor, schemă a cărei structură este destinată a le recenza după toate criteriile urmărite. Pentru exemplificarea rezultatelor statisticii, articolul redă pentru grupa de tensiuni de 20 kV cîteva dintre tabelele colectoare, publicate şi separat, şi anume :

— statistica deranjamentelor, clasate după fenomenele de care au fost provocate ;
— statistica avariilor, clasate după fenomenele care au provocat deranjamentele şi
— statistica avariilor, clasate după cauzele de care au fost provocate.

Primele două statistici permit determinarea frecvenţei, volumului şi efectelor deranjamentelor în raport cu fenomenele de care au fost provocate şi asigură, prin urmare, aprecieri asupra exploatării reţelei. A treia tabelă oferă posibilitatea determinării defecţiunilor de exploatare şi din instalaţii, indicînd locurile unde trebuie acţionat.

O altă modalitate de exploatare a datelor din tabelele colectoare o reprezintă clasarea pe tensiuni a deranjamentelor şi efectelor lor, a locului defectelor şi numărului avariilor provocate de deranjamente şi a frecvenţei deranjamentelor şi avariilor la diferite provocări, fiind posibilă şi determinarea altor dependenţe.

Autorii apreciază că, prin generalizarea şi perfecţionarea aplicării, se poate mări utilitatea rezultatelor statisticii deranjamentelor şi avariilor.

b.v.

Tipizarea schemelor de bază ale centralelor şi instalaţiilor de transport al energiei electrice — un nou pas în standardizare, S c h m i d t H. : Energietehnik, nr. 8, 1961 pag. 340—345.

Creşterea rapidă a necesarului de energie electrică impune construirea unor noi instalaţii de mare putere de producere a energiei.

În afară de respectarea principiilor celei mai noi tehnici, un punct foarte important îl constituie străduinţele de unificare şi standardizare, care influenţează favorabil planificarea de perspectivă, în special din punct de vedere economic. Însăşi proiectarea şi, în mare măsură, executarea construcţiilor se simplifică în mod esenţial, atunci cînd există posibilitatea de a se utiliza mereu aceleaşi elemente constructive.

Astfel, întregul domeniu de construcţie a liniilor de înaltă tensiune este supus încă de mulţi ani unei standardizări foarte severe. De asemenea, şi staţiile de transformare a reţelelor publice prezintă standarde pentru aproape toate domeniile de utilizare. Astfel, există proiecte-tip pentru staţii de 110 kV, care vor aduce importante economii de timp în proiectare şi construcţii, avînd în vedere numărul mare de staţii de 110 kV care urmează să fie construite în viitorul apropiat.

Din aceste proiecte s-au întocmit indici economici, din a căror analiză se vor obţine reduceri noi de preţuri de cost, fără a se reduce siguranţa de exploatare sub limita necesară.

În tabela 1 sînt redaţi cîţiva indici.

Tabela 1

Raport de transformare, kV	Puterea transformatorului, MVA,	Mărci/kVA, circa	Suprafaţa necesară, m²/MVA
30/10	16	61	
	32	49	
110/10	20	179	
	40	100	
110/15	20	164	
	40	80	~ 300—400
110/30	31,5	75	
	63	71	
110/30/10	31,5	120	
	63	70	
110/30/15	31,5	..	
	63	70	

De asemenea, şi la nivelul de 220 kV se trece la o anumită unificare a staţiilor de transformare şi, într-o anumită măsură, şi la cel de 380 kV.

În ceea ce priveşte centralele electrice, cele mari, în special, se pretează la tipizări. Din exemplele mai multor proiecte de centrale, se poate trage concluzia că există posibilitatea ca în toate centralele-bloc viitoare să se poată porni la aceeaşi schemă de bază, indiferent de mărimea grupurilor şi a schemei pentru serviciile interne.

În privinţa schemei electrice, se poate obţine, în cadrul unei grupe de ţări, o anumită unificare, care ar aduce de asemenea şi înlesniri în schimbul de fabricate pe baza comerţului reciproc.

Centralele industriale şi de termoficare sînt mai puţin accesibile tipizării, abstracţie făcînd elementele constructive privitoare la tehnica maşinilor.

g.f.

Generatoare electrice ale viitorului (speranţe şi realităţi), M a r i o B r u n i : l'Elettrotecnica, 48, 1961, nr. 6, pag. 367—380, 17 fig.

Se sintetizează situaţia prezentă relativ la patru căi noi de producerea energiei electrice : pile cu combustibil, convertizoare termoionice, convertizoare termoelectrice şi generatoare magnetohidrodinamice.

Situaţia pilelor cu combustibil este rezumată în tabela 1.

Tabela 1

Generatoare electrice ale viitoralui (speranţe şi realităţi)

Combustibil	Oxidant	Electrolit	Temperatură, °C	Presiune, at	Puterea specifică a pilei singure, W/dm³
Hidrogen	oxigen	Soluţie alcalină	70—200	1—20	200—300
Hidrogen	oxigen	Membrană solidă care schimbă ioni	50	1	10—50
Hidrogen, gaze derivate din carbon	aer	Substanţe chimice (redox)	80	1	10—100
Gaze naturale derivate din carbon	aer	Carbonaţi topiţi	500—900	1	50—150

Convertizoarele termoionice vor putea fi folosite cu rezultate bune în special utilizînd căldura furnizată de reactoare nucleare sau cea solară. Randamentul maxim care s-ar putea obţine este de 30—35 %. Există mai multe soluţii care pot fi luate în considerare : convertizor termoionic aşezat la periferia unui reactor nuclear, în interiorul reactorului, eventual combinat cu elementul combustibil, sau în exteriorul reactorului şi primind căldura prin intermediul unui fluid.

Convertizoarele termoelectrice realizate pînă în prezent prezintă puteri mici, de ordinul a maximum cîţiva kW, funcţionează la temperaturi de 400—500°C şi au randamente de ordinul a 6 % ; ca sursă de căldură poate fi utilizată energia combustibililor clasici, energia solară sau cea nucleară.

Pentru energetica industrială mai importante sînt generatoarele magnetohidrodinamice destinate unei producţii masive (sute de MW). Prototipul realizat pînă în prezent a furnizat 11 kW timp de cinci secunde, utilizînd ca fluid argonul. Printre proiectele recente de reactor nuclear-generator MHD trebuie amintit următorul : un vas circular cu diametrul de doi metri şi înconjurat cu moderator din apă grea primeşte o masă gazoasă fisionabilă compusă din heliu avînd 1 % U_{234} şi 1 % K, la o presiune de 120 atmosfere şi care devine critică atingînd o temperatură de 5 100°C. Gazul expandează într-un tub de şase metri lungime, supus acţiunii unui cîmp magnetic produs de o înfăşurare de 30 MW. Instalaţia ar putea produce 10 000 MW, cu o densitate de putere de 1 MW/dm³ şi cu 100 kW/kg.

a.r.

Evoluţia metodelor de calcul al reţelelor buclate în legătură cu folosirea maşinilor de calcul aritmetice, Gausens P., Pardigon J., Augès P. şi Augé J.: Bull. Soc. Franc. Electr., 1961, nr. 16, pag. 227—247.

Articolul cuprinde două părţi: I). Evoluţia metodelor de studiu al reţelelor buclate în regim permanent. II). Matricea de transfer a unei reţele şi aplicaţiile ei.

Problemele legate de studiul reţelelor electrice de transport în regim permanent pot fi divizate în două grupe: probleme de repartiţie şi de scurtcircuit. În tratarea acestor probleme apar două dificultăţi mai importante, legate de mărimea reţelei (numărul de staţii şi linii) şi de marele număr de variante necesar a fi studiate. Metodele de calcul utilizate pentru studiul reţelelor buclate au fost (în ordine cronologică): rezolvarea manuală a ecuaţiilor electrotehnicii clasice, mese de calcul, calculatoare cifrice. Mijlocul modern şi actual de folosire este constituit de calculatoarele cifrice. Cele trei etape ale calculului sînt: 1) prepararea datelor elaborate pe baza unor date brute; 2) rezolvarea problemelor de „repartiţie" şi „scurtcircuit"; 3) folosirea rezultatelor. Metodologia de rezolvare a problemelor de repartiţie şi scurtcircuit pe calculatoare numerice s-a făcut prin trei metode: a) metoda buclelor şi arborilor (loops and track method); b) metoda iterativă nodală; c) metoda matricei Z_0 a impedanţelor de transfer.

Matricea impedanţelor de transfer în gol poate fi stabilită pe cale constructivă, prin adăugiri succesive de elemente. Se arată forma expresiilor care permit luarea în consideraţie a transformărilor reţelei obţinute prin adăugarea sau suprimarea unor laturi sau noduri. Se poate, de asemenea, obţine cu uşurinţă matricea rezultantă a unei reţele provenite din interconexiunea a două sau mai multe subreţele. Toate transformările reţelei se pot reduce la două tipuri: adăugarea unei laturi radiale pornind dintr-un nod existent şi adăugarea unei laturi transversale între două noduri existente (locale). Operaţia de suprimare a unei laturi revine la adăugarea în paralel a unei laturi avînd o impedanţă egală şi de semn contrar. Se indică expresiile matriciale de transformare prin radiale şi rocade.

a.r.

Tensiuni mai înalte pentru transportul energiei în Anglia, Journal of the Institution of Electrical Engineers, **7**, 1961, nr. 73, pag. 11.

În anul 1962 se va pune în funcţiune un circuit experimental de 380 kV între Monk Fryspm şi High Marnham.

Majoritatea liniilor existente de 275 kV sînt proiectate pentru 380 kV, aşa încît trecerea la această tensiune se va face prin întărirea izolaţiei.

Pentru liniile principale se vor adopta stîlpi noi, cu circa 6 m mai înalţi decît cei existenţi şi vor susţine patru conductoare pe fază în loc de două.

În 1965 se va construi prima linie de 400 kV din Anglia.

l.d.

Detectorul UR şi utilizarea lui la găsirea contactelor defecte în instalaţiile de tensiune mijlocie, înaltă şi foarte înaltă, Cartuer H.: Energie Technik, **10**, 1960, nr. 9, pag. 437—442.

Deseori, la liniile de înaltă tensiune apar defecte şi întreruperi în exploatare prin ruperea legăturilor provocate de arderea contactelor. Pentru executarea legăturilor care au de suportat tensiuni mecanice se utilizează diferite sisteme de contacte, cum ar fi cele conice, cele sub mare presiune etc.

Astfel de legături, dacă nu sînt executate cu suficientă îngrijire, se ard la prima suprasarcină şi se rup. O posibilitate de a preîntîmpina pericolul constă în controlul periodic cu ajutorul unui instrument, care să arate din timp încălzirea punctelor de contact. La instrumentele pe bază de înaltă frecvenţă s-a renunţat de la început, deoarece semnalizarea lor intervine abia după producerea arcului electric, deci după ruperea legăturii şi, în consecinţă, este tardivă.

S-a recurs deci la instrumente care înregistrează şi semnalizează radiaţiile de căldură ale legăturii defecte. Cu un astfel de detector de raze ultraroşii s-au făcut într-o întreprindere energetică din R.D.G. experienţe repetate atît la reţelele aeriene de înaltă tensiune cît şi în instalaţiile lor de distribuţie. Din rapoartele corespunzătoare rezultă că a fost posibil ca prin acest sistem să se descopere încălzirile în timp util, şi aceasta atît la contactele care nu se găsesc sub tensiune mecanică (contacte cu şurub la punţile stîlpilor de întindere), cît şi la contactele sub tensiune mecanică (contacte cu nituri etc.).

În articol, autorul descrie detaliat bazele fizice, construcţia aparatului, precum şi experienţele realizate.

g.c.

Curăţirea izolatorilor sub tensiune cu aparate mobile de stropit, Hesselbrock: ETZ-B **12**, 1960, 25, pag. 605—607.

Se explică întîi, pe cale fizică, de ce în regiunile industriale particulele de praf din atmosferă se depun de preferinţă pe izolatori, unde împreună cu picăturile de apă formează un strat aderent. În timpul ceţei sau al unei ploi mărunte se produce o repartizare dezavantajoasă a potenţialului datorită fenomenelor de electroliză şi încep descărcările lente, care, pînă la urmă, conduc la conturnare. O ploaie puternică însă ar spăla straturile de impurităţi şi ar evita pericolul de mai sus.

Instalaţii pentru curăţatul izolatorilor prin stropire cu apă există de mai multă vreme, însă nu au fost utilizate decît pînă la tensiunea de 110 kV. La izolatorii de 220 kV, cu toată curăţirea manuală (foarte costisitoare), conturnările se repetă în anumite regiuni foarte des. De aceea — avînd în vedere că o apă lipsită de săruri cu o conductivitate de $1-2\ \mu\ \mathrm{Scm}^{-1}$ reprezintă un mediu rău conducător electric şi că printr-un jet de apă de 8 mm diametru şi 3 mm lungime nu ar curge decît un curent de 0,1—0,2 mA, s-a construit un dispozitiv de stropire, care printr-un ventil special realizează ca jetul de apă să nu fie o vînă masivă, ci să fie format din picături (adică pulverizat). Cu un astfel de dispozitiv s-au stropit instalaţii de 220 kV, constatîndu-se că curentul prin apă nu poate atinge valori periculoase nici la distanţe mici, de 3—4 m. Timp de peste şase ani s-au cules experienţe bune la instalaţii de 110 şi 220 kV. În general aparatul se montează pe o platformă rulantă (pe şine), care este pusă la pămînt, fără a fi legată însă de reţeaua propriu-zisă de punere la pămînt a exploatării.

Cu apă încălzită se lucrează şi la temperatura de —20°C. Pentru izolatorii de 15 kV ai liniilor de tracţiune electrică s-au montat aparatele de stropit pe platforma unui vagon-cisternă. În cazul stîlpilor înalţi cu zăbrele, se folosesc aparate de stropit montate sus pe stîlpi la înălţimea izolatorilor şi comandate de jos, de la baza stîlpului, astfel încît jetul pulverizat de apă poate fi dirijat spre fiecare izolator în parte. Operaţiile de curăţire sînt executate, de obicei, de pompieri anume instruiţi.

g.c.

Verificarea clemelor şi armăturilor pentru linii de înaltă şi medie tensiune, Baer, K. W.: ETZ-B (Elektrotechnische Zeitschrift) **13**, 1961, nr. 15, (24 iulie), pag. 407—413.

Pentru a se asigura funcţionarea fără întrerupere a liniilor de înaltă şi medie tensiune este necesar a se folosi cleme şi armături care să satisfacă în bune condiţii solicitările mecanice şi electrice din regim normal şi de avarii şi să reziste intemperiilor. În acest scop se fac în fabrică, cu instalaţii speciale, încercări privind procesul de fabricaţie, ca: rezistenţa la rupere, duritatea, verificarea stratului protector de pe suprafeţe, precum şi încercări asupra comportării în exploatare. Astfel se fac încercări: la curenţi de scurtcircuit de 25 kA timp de 3...10 la tracţiune pînă la 60 tone, la vibraţii 5...20 milioane oscilaţii, la şoc etc. Se fac de asemenea probe chimice cu soluţii de acid sulfuric sau sulfuros.

Cu ajutorul acestor încercări se determină căderile de tensiune, pierderile de putere şi încălzirea conductoarelor şi a clemelor, rezistenţa mecanică şi rezistenţa la acţiunea agenţilor chimici a conductoarelor situate în regiunile industriale sau pe litoral.

În articol sînt descrise instalaţiile folosite pentru aceste încercări, precum şi unele rezultate obţinute.

l.d.

Noua normă ČSN 382 520 pentru telecomunicaţii în înaltă frecvenţă pe liniile electrice de înaltă şi foarte înaltă tensiune Bayer V.: Energetika (R.S.C.) nr. 8/1961, pag. 394—395.

În primăvara anului 1961 s-a tipizat în Cehoslovacia norma ČSN 382 520 privind telecomunicaţiile în înaltă frecvenţă pe liniile electrice de înaltă şi foarte înaltă tensiune, obligatorii pentru instalaţiile de înaltă frecvenţă ce se construiesc sau se proiectează.

În partea de terminologie, între altele, se defineşte şi noţiunea de „legătură între faze" ca tipul de construcţie de înaltă frecvenţă în care instalaţia se racordează între două faze ale aceleiaşi reţele sau a două reţele separate.

Pentru diversele instalaţii de înaltă frecvenţă care vor fi montate în exterior sau în interior, se dau limitele de temperaturi de lucru, impedanţele caracteristice, puterile, capacităţile, pe nivele de tensiuni.

Instalaţiile de telecomunicaţii în înaltă frecvenţă se montează în dulapuri speciale (USE) de circa $395 \times 725 \times 1\,900$ mm, în camere separate care pot adăposti $10 \div 50$ de dulapuri.

Se indică modul de construcţie al acestor încăperi şi materialul de construcţie. Se recomandă să nu se folosească xilolitul în construcţie şi ca prin aceste încăperi să nu treacă conducte sau ventile. Temperatura interioară să nu depăşească + 35°C.

În normă sînt date modurile de amplasare a instalaţiilor de frecvenţă înaltă în staţii.

Cel mai important capitol este dedicat condiţiilor de proiectare şi exploatare a instalaţiilor de înaltă frecvenţă. Se dau exemple de calcul şi se arată noile simboluri utilizate în schemele de înaltă frecvenţă şi în schemele-bloc.

În continuare în normă se descriu metodele de măsurare a impedanţelor şi condiţiile de recepţie şi probele de punere în funcţiune.

Noua normă este prima tipizare în această specialitate, utilă în practica tehnicienilor de proiectare, montare şi exploatare a instalaţiilor de telecomunicaţie în înaltă frecvenţă pe liniile de transport electrice.

c.w.

Hidroenergetică

Baraje din blocuri de beton pentru terenuri de fundaţie foarte compresibile Marcello C.: Water Power nr. 13, 1961 pag. 6—7, 217—226, 268—275.

Se dă descrierea unui nou tip de baraj, conceput de autor, care se recomandă pentru cazurile în care terenurile de fundaţie prezintă tasări mari sau neuniforme. Aceste baraje constau în pile realizate din blocuri de beton suprapuse, cu rosturile umplute cu pietriş. Volumul redus de goluri, ce se realizează cu acest tip de baraj, permite adoptarea unor paramenţi foarte înclinaţi şi reducerea corespunzătoare a lăţimei tălpii barajului. Din punct de vedere constructiv, barajul prezintă următoarele avantaje tehnice:

— Comportarea statică a barajului poate fi determinată în mod precis, deoarece fiecare pilă se consideră ca un monolit, atunci cînd se pune problema stabilirii rezistenţelor la presiunea apei; în ceea ce priveşte tasările, fiecare pilă se consideră ca un element independent articulat.

— Volumul barajului se reduce cu 30% faţă de un baraj echivalent din zidărie uscată, datorită formelor geometrice regulate ale blocurilor de beton.

Avantajele tehnico-economice care rezultă din adoptarea acestui tip de baraj sînt următoarele:

— volum redus de excavaţii;

— posibilitatea utilizării unor agregate de calitate inferioară pentru confecţionarea blocurilor de beton;

— necesităţi reduse de forţă de muncă calificată;

— timp de construcţie scurt, datorită posibilităţilor de mecanizare a confecţionării şi amplasării blocurilor de beton;

— posibilitatea evacuării viiturilor în timpul construcţiei, prin prevederea unor goluri între pile.

În continuare se face descrierea amplă a următoarelor baraje de acest tip:

Tabela 1

(Baraje din blocuri de beton pentru terenuri de fundaţie foarte compresibile)

Denumirea barajului	Poziţia geografică	Volumul lacului de acumulare mil m^3	Numărul de pile	Înălţimea barajului m	Lungimea desfăşurată a crestei barajului m	Volumul de beton al barajului m^3
Platani	Sicilia, Italia	19	42	66	203	190 000
Pazzollo	Sicilia, Italia	141	48	59	196	280 000
Pian Palu	Trento, Italia	15,5	25	52,5	181	100 000
El Frayle	Peru	200*	50	23	226	28 000

* Lacul este creat prin două baraje; în afară de barajul El Frayle s-a mai construit şi un baraj în arc de 74 m înălţime.

i.f.

Evoluţia costurilor de investiţii şi de construcţii în sectorul hidroenergetic din Austria în anii 1959 — 1961 Plocek W. şi Seltenhammer L., Ö.Z.E. nr. 7, 1961, pag. 281—288, şi nr. 9, pag. 351—354.

Evoluţia costurilor de investiţie şi a celor de construcţie în sectorul hidroenergetic din Austria este urmărită în revista austriacă încă din 1949, articolele recenzate reprezentînd a 6-a şi a 7-a actualizare. Determinarea evoluţiei costurilor se face cu un sistem de indici pe feluri de costuri cu baza de referinţă constituită de preţurile din 1938. Indicii costurilor de materiale, manoperă, sarcini sociale şi transport (desigur şi cele de utilaje nemenţionate) participă cu anumite ponderi la indicele de costuri de construcţie; acesta împreună cu indicele costurilor de echipament, determinat convenţional pe baza costurilor materialelor principale şi manoperei unui generator, constituie cu o anumită ponderare indicele general al costurilor de investiţii.

Evoluţia determinată cifric şi grafic în detaliu pentru perioada 1951—1961, încadrată în diagrame cu desfăşurarea din 1938 înainte, şi pusă în comparaţie cu evoluţia preţurilor şi salariilor din principalele ţări capitaliste, se caracterizează prin tendinţa generală de creştere a preţurilor. Cifrele au baza 1938 = 100.

Termen	Ţara	Preţuri en gros	Salarii industriale	Indice mediu mondial de preţuri	Indice de costuri de investiţii în sectorul hidroenergetic din Austria
febr. 1959	Anglia	376	451	280	1470
	Elveţia	219	265		
	S.U.A.	243	351		
mai 1960	Anglia	380	561	285	1571
	Elveţia	221	274		
	S.U.A.	245	365		
ian. 1961					1605
iul. 1961					1689

Evoluţia indicilor pe categorii de lucrări (excavaţii în galerii, betonări [preparare şi punere în operă], armături [fasonare şi aşezare], cofraje) manifestă variaţii importante faţă de indicele general al costurilor, în urma posibilităţilor diferite de mecanizare şi a variaţiei ponderii costurilor de manoperă.

Preţurile efective ale construcţiilor hidroenergetice din Austria au rămas uneori în urma evoluţiei indicelui calculat; contractele încheiate în 1959 prevăd, pentru prestaţii de construcţie comparabile, preţuri cu 15—20% mai mari ca în 1954, cu toate că indicele oficial al costurilor de investiţii a crescut în această perioadă cu 40%. Autorii deduc din aceasta că o parte a creşterilor de preţuri intervenite pînă atunci au putut

fi compensate prin raționalizări, mecanizarea execuției și sporirea productivității. Dar autorii citează și cazuri de depășire a indicilor de prețuri, prin prețurile practicate ca urmare a conjuncturii din sectorul hidroenergetic. Aceasta se referă în special la prețurile unitare pe categorii de lucrări, unde au fost constatate diferențe de 1000% între ofertele extreme, pe cînd prețurile de ofertă pentru ansamble diferă mai puțin, în urma compensării plusurilor și minusurilor de costuri.

Tendința de urcare a costurilor de investiții, în medie cu 6% pe an din 1952 înainte, implică o dublare a costurilor de investiții în 14 ani. Cauzele acestei evoluții rezidă în special în impulsul ascendent provenit din componenta de salarii, atît prin reducerea timpului de lucru cît și prin sporiri efective de salarii, de sarcini sociale și de unele prețuri de materiale (lemn).

Pentru viitor se prevede continuarea tendinței urcătoare a costurilor în sectorul investițiilor hidroenergetice, dacă nu intervin efectele stabilizatoare ale unor reduceri ale volumului de investiții, prin terminarea lucrărilor în curs sau din alte sectoare ale economiei. În tot cazul, evoluția costurilor de investiții în sectorul hidroenergetic este în măsură să intervină în problema realizării planului de creștere a puterii instalate, în sensul alternativei extinderii sectorului termoenergetic.

b.v.

Termoenergetica

Instalația de răcire cu hidrogen la turbogeneratoare Brenner H.: Elektrizitätswirtschaft, 11, 1961, pag. 575—580.

Ca urmare a experiențelor făcute în decursul mai multor ani la generatoarele răcite cu hidrogen de la centrala Heilbronn, sînt prezentate cifre și date comparative față de generatoarele de aceeași putere nominală, răcite cu aer.

Se insistă asupra principalelor avantaje ale răcirii cu hidrogen, care fac ca :

— pierderile prin frecări să fie mai mici ;

— randamentul la sarcini parțiale mai ridicat ;

— temperaturile înfășurărilor la aceeași încărcare să fie mai scăzute ;

— reacțiile chimice să nu mai aibă loc în atmosfera lipsită de oxigen.

În cazul generatoarelor de la Heilbronn, problema etanșeității a fost rezolvată printr-o garnitură de ulei sub presiune.

Se descrie această instalație de ulei sub presiune cu cele două operații : extragerea aerului din ulei și saturarea acestuia cu hidrogen.

O serie de cifre și curbele ce dau dependența gradului de puritate a hidrogenului în funcție de amestecul H-aer și H-CO_2 ne scot în evidență importanța îmbunătățirilor ce se pot aduce în acest domeniu, arătîndu-se totodată economicitatea acestora.

De asemenea, se prezintă instalația de uscare a hidrogenului de răcire, cît și instalația de supraveghere corespunzătoare unui grup și se indică măsurile de siguranță ce se iau, lucrarea încheindu-se cu descrierea instalației de răcire, care, în cazul centralei Heilbronn, utilizează apa de răcire de rîu.

a.d.

Mecanizarea depozitelor de cărbune ale centralelor raionale de mare putere Spiridonov N. I.: Electriceschie Stanții, nr. 7, 1961, pag. 2—6.

În sarcina de proiectare a „Centralei raionale — 2 400" de 2 400 MW, întocmită de institutul TEP, se prevede mecanizarea depozitului de cărbune al centralei, cu o capacitate de 400 t, cu ajutorul transportoarelor cu bandă și al screperelor.

Organizația O.R.G.R.E.S., studiind funcționarea screperelor la Centrala raională Stara-Beșevscaia, a relevat o serie de deficiențe în exploatare, și anume : micșorarea productivității cu 20—40% primăvara și toamna; condițiile grele de lucru în cabina screperului și necesitatea unor tractoare ca rezervă pentru reparații, în valoare de minimum 30% din capacitatea totală a screperelor. Ținînd seama de aceste rezultate, autorul propune, pentru depozitele de cărbune ale centralelor mari, o schemă îmbunătățită de mecanizare, care folosește numai transportoare cu bandă și buldozere.

În articol se dau investițiile și cheltuielile anuale pentru varianta tipizată, elaborată de TEP, și pentru varianta modificată, propusă de autor.

Din compararea celor două variante, pentru un depozit de 400 t capacitate, rezultă următoarele avantaje ; în favoarea variantei îmbunătățite, propuse de autor : reducerea investițiilor în instalațiile de manipulare a cărbunelui de la 648 120 ruble la 613 970 ruble și a cheltuielilor anuale de exploatare de la 97 200 ruble/an, la 45 500 ruble/an, realizarea unei mecanizări complete a lucrărilor în depozitul de cărbune și eliminarea necesității unui depozit intermediar tampon pentru compensarea fluctuațiilor în alimentare.

al.f.

Montarea fără macara a turbogeneratorului de 200 MW într-o centrală de tip deschis Golizberg M. N., Energhetik, nr. 7, 1961, pag. 1—4.

Secțiunea din Harcov a institutului TEP a proiectat extinderea unei centrale termoelectrice cu un grup de 150 MW, montat în construcție deschisă.

Instalarea grupului, prevăzut cu un generator al cărui stator cîntărea 208 t, s-a făcut conform proiectului, folosindu-se macaraua-portal prevăzută pentru sala mașinilor, cu o capacitate de ridicare de 75 t.

În articol se descriu fazele instalării statorului generatorului pe fundația sa la cota 9,00. Deplasarea statorului s-a făcut întîi pe verticală, de la cota 0,00 la cota 9,00, apoi pe orizontală de la marginea planșeului de deservire pînă la locul de instalare. În acest scop au fost folosite o serie de eșafodaje metalice realizate cu materiale de pe șantier, macaraua-portal de 75 t, două trolii de cîte 5 t și macarauaturn folosită pentru montarea cazanului, cu o capacitate de ridicare de 40 t. Durata ridicării pe verticală a fost de opt ore, iar deplasarea pe orizontală necesită încă opt ore. Lucrările pregătitoare au fost executate de către două brigăzi de montaj, în circa 10 zile.

În încheiere, se face o comparație între montajul executat prin metoda propusă (centrala „Severnaia") și montajul executat prin utilizarea a două macarale portal de cîte 100 t capacitate de ridicare (centrala Ali-Bairamlinskaia). Rezultatele comparării arată că montajul cu mijloacele din inventarul de șantier conduce la o economie de investiții de 89,4 mii ruble noi, necesitînd o oarecare prelungire a lucrărilor de montaj, care însă nu influențează asupra mersului general al lucrărilor de montaj.

al.f.

* * * **Conferința CSVTS despre alimentarea cu căldură** Energetika (R.S.C.) nr. 8, 1961, pag. 411—420.

Creșterea continuă a consumului de căldură și concentrarea consumatorilor au făcut ca și în Cehoslovacia să se pună în discuție problema termoficării.

În legătură cu această problemă a avut loc în R.S.C., la Karlový-Varý, o conferință a inginerilor și tehnicienilor termicieni.

La conferință s-a prezentat un referat în care, după ce într-o primă parte s-a analizat situația investițiilor în centralele cu condensație — care au scăzut de la 3 200 Kčs/kW în primul cincinal la 1 540 Kčs/kW în cel de-al treilea cincinal, și se prevede să scadă la 1 250 Kčs/kW în al patrulea cincinal, — s-a trecut la analiza modalităților de alimentare cu căldură a industriilor și locuințelor. În acest scop s-au studiat separat alimentarea cu gaze, încălzirea cu păcură și alimentarea cu căldură prin termoficare, din punct de vedere al combustibilului, al personalului, al cantităților de materiale folosite etc., toate raportate la Gcal/h. În această primă parte se analizează critic modurile în care s-a rezolvat problema alimentării cu căldură în alte țări, ca : U.R.S.S., S.U.A., R.P.P., R.P.R., R.D.G.

Analiza posibilităților de ridicare a eficacității termoficării formează subiectul celei de-a doua părți a referatului.

În această parte se studiază bazele generale ale termoficării şi în special schemele de concepţie ale instalaţiilor de termoficare. După ce se arată două extreme atinse în termoficare, amplasarea CET chiar în centrul oraşului (exemplu oraşul München) sau transportul căldurii de la mari distanţe (Moscova 16 km, Harkov 12 km), se studiază echipamentul termomecanic al centralelor de termoficare industriale şi urbane, dîndu-se în tabele date tehnico-economice comparative asupra parametrilor, mărimilor, domeniilor de utilizare etc.

Pentru centralele de termoficare mici, se recomandă folosirea de cazane de 20—50 t/h la parametri medii şi grupuri mici.

Acoperirea vîrfului consumului de căldură este amplu discutată şi se arată că este foarte economică utilizarea cazanelor de vîrf de apă caldă, care pot atinge randamente medii de 90%. În R.S.C. se proiectează şi se construiesc la Erste Brno cazane de acest tip de 30 Gcal/h cu presiunea de lucru de 25 ata pe păcură, cu randament mediu de 88%.

În cadrul acestui capitol se studiază de asemenea problema numărului de cazane, a cazanului şi a turbinei de rezervă în centralele de termoficare, precum şi problema combustibilului şi preţului acestuia.

Se fac diverse recomandări bazate pe experienţa de exploatare a unor centrale de termoficare.

În referat se analizează investiţiile şi centralele de termoficare şi se dau exemple de CET construite în R.S.C. Din această analiză se remarcă că investiţia în instalaţiile de curăţirea gazelor la CET pe cărbune atinge 2—3% din investiţia totală.

Problema folosirii turbinelor cu gaze este de asemenea dezbătută. De la turbinele cu gaze se poate obţine un debit de căldură în reţea de 1,5...2,0 Gcal/MWh. Situaţia investiţiilor în CET cu turbine cu gaze este următoarea :

Tabela 1

(Conferinţa CSVTS despre alimentarea cu căldură)

Puterea turbinei cu gaze (MW)		1	6÷8	12÷14	25	50	100
Investiţia specifică în puterea mecanică, anexe şi montaj (Kčs/kW)		3 250	875	857	880	600	500
Investiţia specifică totală în centrală cu turbine cu gaze	Kčs/kW	—	1 400	1 350	1 000	850	15 000
	Kčs/t/h	—	400 000	385 000	275 000	240 000	430 000

Preţul căldurii livrate de la CET pe cărbune în R.S.C. este de 35...53 Kčs/Gcal cu tendinţe de scădere către anul 1975 la 27...40 Kčs/Gcal.

În încheierea referatului se discută modul distribuţiei căldurii şi instalaţiile de consumatori, insistîndu-se asupra pierderilor de căldură şi reţele de apă şi de abur şi asupra automatizării instalaţiilor.

g.w.

Despre problemele alimentării cu căldură a oraşului Praga Energetika (R.S.C.), nr. 8, 1961, pag. 409—410.

La 12 aprilie 1961 a avut loc la Praga o şedinţă a ORGRES în care s-au discutat posibilităţile de alimentare cu căldură a oraşului Praga, cu gaze şi apă caldă.

S-au analizat condiţiile specifice ale oraşului Praga, legate de aşezare, construcţii, climă, şi schema de dezvoltare a oraşului pînă la 1980.

Din cele peste 400 000 de locuinţe ce se vor construi, se prevede ca un număr de 150...190 000 de locuinţe să fie preluate prin termoficare, iar restul să fie alimentate cu gaze, această împărţire făcîndu-se după cartierul în care urmează să se construiască. De asemenea s-au delimitat zonele ce se prevăd a se prelua prin termoficare şi cele ce urmează a se alimenta cu gaze.

Pentru viitor s-a prevăzut ca oraşul să fie alimentat cu gaze de la staţia de gazeificare Michle (120 000 m³/h) şi de la două staţii de cracare a combustibilului lichid cu o producţie de cîte 60 000 m³/h. În afară de acestea, se poate conta şi pe un debit de circa 35 000 m³/h de gaze adus prin conducte din exteriorul oraşului.

Alimentarea cu căldură va necesita circa 2 200—2 500 Gcal/h (echivalent a circa 4 000—4 500 t/h abur), din care 1/3 pentru locuinţe şi 2/3 pentru industrie. Consumul de căldură este acoperit astăzi astfel :

— CET Holesovice şi CET Spalovna (două surse) 220 t/h abur
— CT industriale şi cazane (9 surse) 250 t/h abur
— cazane de medie presiune (278 surse) 840 t/h abur
— cazane de bloc (8 650 surse) 2 750 t/h abur

Acestea reprezintă circa 70—80% din consumul planificat. O problemă mult discutată a fost curăţenia oraşului. Căderile de praf din oraş în unele cartiere depăşesc de şapte ori normele prevăzute pentru un oraş, ajungînd la circa 2 000 t/an/km² (Libne şi Vjsocan). Acesta a fost unul din motivele pentru care s-a preconizat să se construiască o centrală de termoficare de mare putere (4×100 MW) în exteriorul oraşului. Pentru această centrală s-au studiat cinci amplasamente situate la circa 25...35 km de oraş.

Ca soluţie de transport s-a propus transportul apei supraîncălzite printr-o conductă de 900 mm diametru pînă la o staţie de transformare, de la care sistemul de transport se schimbă, apărînd un sistem cu două conducte.

Pentru acoperirea consumului de căldură la vîrf urmează să se folosească sursele de căldură din oraş.

Conducta de întoarcere la staţie va fi dimensionată numai la 70% din debitul conductei de ducere, diferenţa de apă folosind la alimentarea cu apă caldă în timpul verii şi iernii a ştrandurilor, piscinelor şi bazinelor acoperite. Cam 70% din an, această apă poate fi trimisă apoi în sistemul de canalizare fără să fie necesară o mărire a acesteia.

În afară de această centrală se preconizează instalarea în oraş a unor surse de căldură pentru acoperirea vîrfului.

Tabela 1

(Problemele alimentării cu căldură a oraşului Praga)

Denumirea sursei	Echipament număr cazane×debit t/h	Debit maxim disponibil de căldură pentru încălzire Gcal/h
Malesice	4×35 t/h	600
Michle	4×35 t/h	600
Holesovici	...	550
Severni Mesto	...	400
Vilislavin	4×35 t/h	116
Spalovna	2×50 t/h	230

Pe lîngă centrala de termoficare din afara oraşului şi CT din oraş, se mai prevede să se construiască în oraş şi o mare CET publică (în cartierul Smichov).

În cadrul celui de-al treilea cincinal s-au alocat circa 76 milioane Kčs pentru termoficare şi transportul căldurii.

c.w.

Experienţa pornirii, punerii la punct şi exploatării cazanului de vîrf pentru termoficare cu apă caldă PTV—100 Jirnov N. I. : Teploenerghetika, nr. 9, 1961, pag. 20—24.

Cazanul de apă caldă de vîrf pentru termoficare, cu un debit de 100 Gcal/h, proiectat în anul 1958, a fost pus de curînd în funcţiune într-una din centralele de termoficare din sistemul Mosenergo. Instalarea cazanului s-a făcut într-o construcţie tip semideschisă, cazanul înalt de 15,3 m fiind închis într-o clădire pînă la înălţimea de 7,0 m ; lucrările de montaj au durat trei luni. Instalaţiile focarului cuprind 18 arzătoare de gaze sau păcură, prevăzute cu ventilatoare individuale tip EVR-4. Întrucît funcţionarea indicatoarelor magnetice pentru excesul de oxigen în gazele arse, prevăzute în schema de automatizare a cazanului, nu oferă suficientă siguranţă, se poate renunţa la reglarea coeficientului de exces de aer, menţinîndu-se numai reglajul temperaturii. Chiar în aceste condiţii, cazanul asigură indicii economici calculaţi la proiectare.

În articol se arată variaţia indicilor de funcţionare în funcţie de sarcina cazanului, şi anume : coeficientul de exces de aer în funcţie de numărul de arzătoare în funcţiune, randamentul cazanului în funcţie de sarcină şi de temperatura apei la intrare. De asemenea se fac consideraţii asupra tipului optim de ventilator pentru arzătoarele din focar.

al.f.

Primele rezultate de funcţionare a blocului de 200 MW Lipovter L. I., Losak S. B., Maksimov I. L., Macinik G. F.: Teploenerghetika, 8, 1961, pag. 41—47.

Blocul se compune din cazanul TP-100 (640 t/h, 140 at, 570/570°C) şi turbina P.V.K.—200.

Învîrtirea turbinei se face cu abur avînd 14—15 at şi 320°C la ieşirea din cazan, vidul fiind 375 mm Hg. La sincronism se ajunge după circa două ore. Experienţele primelor porniri şi opriri au condus la următoarele concluzii :

1. Pentru obţinerea siguranţei totale de funcţionare sînt necesare încercări de pornire din diferite stări termice ale blocului, iar pe baza rezultatelor să se întocmească instrucţiunile corespunzătoare.

2. Dacă sistemul sub vid este etanş, învîrtirea rotorului poate să înceapă la presiune de 7—10 at în tambur. Dacă creşterea vidului este sigură, trecerea prin turaţia critică se poate face începînd de la vidul 480—500 mm Hg, ceea ce scurtează timpul de pornire.

3. Încălzirea flanşelor şi buloanelor permite scurtarea însemnată a duratei de pornire şi de încărcare.

4. Rotorul de înaltă presiune este sensibil la variaţiile de temperatură ale aburului.

5. Pentru ca diferenţele de temperatură în grosimea metalului diferitelor elemente ale turbinei să nu depăşească valorile impuse de fabrică, la pornirea blocului din stare nerăcită este necesară o examinare mai amănunţită.

6. Temperatura serpentinelor de radiaţie din zona de încălzire este strîns legată de regimul de ardere.

c.d.

Regimul de pornire şi starea temperaturilor turbinei V.K.T. —100 Prokopenko A. G., Lazarenko A. V., Markin V.P.: Teploenerghetika, 5, 1961, pag. 17—23.

După ce se dau cifrele de control-limită şi se arată graficele de încălzire şi răcire în diferite situaţii, se expun concluziile :

1. Aplicarea la turbina V.K.T.-100 a instalaţiei de încălzire suplimentară a cilindrului, flanşelor şi buloanelor este eficace, sigură şi simplă ca montaj şi în exploatare ; se recomandă aplicarea şi la alte turbine.

2. Încălzirea suplimentară scurtează sensibil timpul de pornire şi măreşte siguranţa de funcţionare, întrucît reduce diferenţele de temperatură şi dilatarea relativă a rotorului.

3. Încălzirea flanşelor corpului de presiune înaltă este eficace ; încălzirea carcasei exterioare prin admiterea aburului în spaţiul dintre carcase este mai puţin eficace.

4. Pentru micşorarea diferenţelor de temperatură şi creşterea vitezei de încălzire, este raţional să se monteze un ecran din tablă între cele două carcase.

5. Scurtarea şi mai mult a duratei de pornire din stare rece cu abur de parametri nominali nu este limitată de diferenţele de temperatură în elementele turbinei înseşi, ci de dilatarea relativă a rotorului de presiune înaltă şi de viteza de încălzire admisibilă a supapei de închidere rapidă.

6. Graficele de pornire bazate pe încercările efectuate fac ca metoda opririi grupurilor la golurile de sarcina să fie economică, sigură şi raţională.

7. Pentru controlul regimului de pornire, fiecare turbină trebuie să fie echipată cu aparate înregistratoare pentru temperaturile metalului, cu generatricele superioară şi inferioară ale corpului de presiune înaltă a flanşelor şi buloanelor şi pentru dilatările relative şi totale.

c.d.

Rezultatele încercării pompei de alimentare P.E.—500—180 Rubinstein I. M., Komarov N. F., Jijokin V. G. Teploenerghetika, 1, 1961, pag. 49—56.

Rezultatele încercării sînt următoarele :

1. În regim normal de lucru, $\eta = 76$ %.

2. Caracteristica pompei nu este prielnică funcţionării în paralel, pentru că, la debite sub 60%, se apropie de orizontală.

3. Pentru obţinerea siguranţei de funcţionare la mersul în paralel este neapărat necesar ca pompele să fie echipate cu dispozitive automate de recirculaţie cu acţionare rapidă.

4. Pompele P.E.—500—180 nu pot să lucreze fără cuple hidraulice, la debite sub 200 m³/h, din cauza vibraţiilor inadmisibile ce apar în conductele de aspiraţii şi refulare şi a pulsaţiilor presiunii.

5. Pentru ameliorarea condiţiilor de lucru este indicat ca descărcarea camerei de echilibrare să fie condusă în degazor.

c.d.

Calculul schemelor termice ale instalaţiilor cu turbine cu abur cu ajutorul maşinii numerice electronice de calcul „Ural—1" Vulman F. A.: Teploenerghetika, nr. 8, 1961, pag. 37—40.

Metodele uzuale de utilizare a calculatoarelor electronice pentru calculul schemelor termice necesită calculatoare cu o memorie relativ mare.

În articol se propune o metodă nouă de utilizare a calculatoarelor electronice, aplicabile şi în cazul calculatoarelor cu memorie redusă, de tipul calculatorului „Ural-2".

Metoda constă în stabilirea prin calcul manual a parametrilor agenţilor de lucru în diferitele puncte ale schemei termice (de exemplu : entalpiile aburului, apei de alimentare etc.) şi în determinarea cu ajutorul calculatorului electronic a mărimilor cantitative, care rezultă din ecuaţia de bilanţ energetic pentru aburul folosit la preîncălzirea regenerativă a apei de alimentare. În acest scop se arată forma ecuaţiilor bilanţului energetic pentru fiecare din schimbătoarele de căldură din schemă, care, combinate cu ecuaţia de bilanţ cantitativ a aburului, formează un sistem de ecuaţii liniare pe care îl rezolvă în mod rapid maşina de calcul.

Durata calculului cu maşina „Ural-1" pentru scheme care nu cuprind mai mult de 24 de preîncălzitoare regenerative este de 10—30 minute, din momentul stabilirii programului.

În articol se arată şi modul de calcul al schemelor cu mai mult de 24 de preîncălzitoare sau al schemelor în care sînt cuprinse şi răcitoare de abur.

al.f.

Simpozionul „Folosirea experienței sovietice în proiectarea centralelor termoelectrice"

În cadrul acțiunilor organizate cu ocazia lunii prieteniei Romîno-Sovietice sub egida Comitetului A.R.L.U.S. — București și filialei A.S.I.T., a avut loc în ziua de 4 noiembrie 1961 un simpozion pe tema: „Folosirea experienței sovietice în proiectarea centralelor termoelectrice".

În referatele prezentate s-au arătat succesele mari obținute de poporul sovietic în opera de electrificare a patriei sale și s-au scos în evidență principalele aspecte ale ajutorului multilateral pe care l-am primit din partea Uniunii Sovietice în proiectarea și realizarea principalelor obiective ale planului nostru de electrificare.

În referatul „Energetica sovietică în lumina programului P.C.U.S. și a lucrărilor celui de-al XXII-lea Congres al P.C.U.S.", tov. Nitu V., inginer șef la I.S.P.E., a arătat că statul sovietic, călăuzindu-se de geniala formulă leninistă: „Comunismul este puterea sovietică plus electrificarea întregii țări", a repurtat remarcabile succese în dezvoltarea electrificării, depășind principalele state capitaliste.

În proiectul de program al P.C.U.S. se prevede ca producția de energie electrică să atingă, pînă în 1970, 900—1 000 miliarde kWh, iar în 1980, 2 700—3 000 TWh, realizarea acestui program permițînd ca U.R.S.S. să depășească S.U.A. atît în ceea ce privește volumul total de energie electrică, cît și în ceea ce privește producția pe cap de locuitor.

În referat s-a arătat că direcțiile principale în dezvoltarea electroenergeticii, în această perioadă, vor fi: mărirea puterii agregatelor și centralelor (folosind grupuri turbogeneratoare de 600—700 MW, în studiu fiind și grupuri de 1 000 MW, cazane de abur de 900—1 700 t/h, urmînd ca în viitor să se ajungă la debite de 2 700—3 000 t/h în așa numitele centrale „Gigant"), folosirea metodelor industriale moderne de construcție și montaj, dezvoltarea accelerată a rețelelor electrice însoțită de creșterea parametrilor lor tehnici, concentrarea investițiilor pe un număr mai restrîns de obiecte și punerea lor în funcțiune chiar de la început la puterea totală, schimbarea balanței de combustibil prin mărirea ponderii gazelor naturale, păcurii și a cărbunilor din exploatările de suprafață și amplasarea centralelor în apropierea surselor de combustibil, înfăptuirea consecventă a sistemului energetic unic al U.R.S.S. De asemeni, în perioada de perspectivă se va pune un accent deosebit pe găsirea metodelor de transformare directă a energiei termice, nucleare, solare și chimice în energie electrică.

Se arată în continuare că mărețele perspective ale energeticei sovietice ne însuflețesc la noi succese în munca de traducere în viață a hotărîrilor celui de-al III-lea Congres al P.M.R.

În referatul „Experiența și ajutorul U.R.S.S. în probleme termoenergetice", ținut de tov. ing. Vasilescu N. — șef atelier termomecanic — I.S.P.E., se arată că primele centrale ale planului de electrificare au fost realizate cu echipamente livrate complet din U.R.S.S. iar execuția și punerea lor în funcțiune s-a făcut cu asistența specialiștilor sovietici, fapt care a contribuit la formarea primelor cadre de montaj din țara noastră.

În domeniul proiectării trebuie considerată ca un rezultat al experienței sovietice concepția energetică modernă de a trata problemele la nivelul economiei naționale, care s-a reflectat la noi prin realizarea de mari centrale electrice de condensație și de termoficare cum ar fi Borzești, Paroșeni, Singeorgiu, Ploiești, ș.a., care lucrează interconectate în sistemul energetic național, prin realizarea lucrărilor de termoficare, care reprezintă o formă importantă de utilizare rațională a resurselor naturale ale țării, etc.

De asemeni soluțiile tehnice în ceea ce privește schemele termice moderne, dispoziția echipamentelor parțial în aer liber, schemele de termoficare a orașelor, utilizarea de unități mari cum sînt turbinele de 150 MW și 200 MW, precum și cazane pînă la 600 t/h, de parametri foarte ridicați, ș.a.

În continuare a avut loc comunicarea tov. ing. Hristoforu Alexandru „Aplicarea experienței de proiectare sovietică în realizarea părții de construcții a centralelor termoelectrice".

În comunicare se caracterizează pe scurt construcțiile energetice și ponderea construcțiilor propriu zise în investiția energetică generală.

În continuare, s-au expus etapele de proiectare pentru alegerea amplasamentelor, planului general și organizării de șantier. Criteriile de alegerea amplasamentelor, de rezolvare a planului general și de organizare a șantierului au fost stabilite în urma cunoașterii proiectelor sovietice, stabilindu-se soluționări judicioase.

S-a arătat apoi evoluția proiectării părții de construcții atît în ceea ce privește concepții generale, alegerea structurilor cît și în alegerea diferitelor rezolvări constructive. În legătură cu perspectiva proiectării s-au arătat metodele de industrializare și prefabricare. În legătură cu metodele de calcul s-a trecut în revistă evoluția utilizării metodelor de calcul la rezistențele admisibile la rupere sau la stările limită pentru construcțiile de beton armat și posibilitățile practice de aplicare.

Tov. ing. Nistor Mihai, şef atelier electric, I.S.P.E., în expunerea sa intitulată „Experienţa U.R.S.S. în proiectarea părţii electrice a centralelor electrice", a arătat modul în care experienţa sovietică a influenţat asupra schemelor de comutaţie primară, care pe măsura verificării în exploatare au fost continuu simplificate, mărindu-se atît siguranţa lor cît şi economicitatea.

Progrese s-au realizat de asemeni în realizarea schemelor de servicii interne, în utilizarea de scheme noi pentru forţarea excitaţiei, autopornirea motoarelor, protecţia contra supratensiunilor şi altele.

În domeniul industriei electrotehnice, bazele construcţiei de echipamente şi aparataj cum ar fi transformatoare, maşini electrice, întreruptoare, separatoare electrice, relee etc. au fost puse tot cu ajutorul complex al U.R.S.S.

De asemeni, în problemele de automatizare din centralele termoelectrice, după cum se arată în referatul tov. ing. N. Mirea, şeful grupei de automatizări I.S.P.E., automatica sovietică, care ocupă azi un loc de frunte pe plan mondial, după cum o dovedesc şi succesele zborurilor cosmice, a fost pentru noi un nepreţuit ajutor.

Astăzi la noi, în centralele noi, se foloseşte conducerea centralizată din camere de comandă tehnologice, termice şi electrice, combinată cu automatizarea proceselor tehnologice.

Folosirea regulatoarelor electronice de construcţie sovietică permite realizarea celor mai perfecţionate şi complete scheme de automatizare iar aplicarea experienţei sovietice în continuare conduce la dezvoltarea automatizării prin introducerea maşinilor electronice de calculat.

În continuare, au fost prezentate două proiecte de centrale, rod al experienţei sovietice.

După cum a arătat tov. ing. Ionescu Ion, şef proiect I.S.P.E., centrala electrică de termoficare Ploieşti cu 4 grupuri moderne de 50 MW constituie un exemplu de îmbinare a experienţei şi ajutorului sovietic cu contribuţia propriilor noastre cadre.

Experienţa sovietică este valorificată prin realizarea alimentării centralizate, cu căldură şi electrică produse în mod combinat, în regim de termoficare, energie a unui complex industrial de mari proporţii şi a oraşului Ploieşti în condiţiuni avantajoase în ceea ce priveşte economiile de combustibil (peste 200 000 t. combustibil convenţional/an).

Ajutorul sovietic constă în livrarea completă a utilajului termomecanic (cazane de 420 t/h, turbine VPT 50-3, VPT50-4 şi R 50-1 de 50 MW cu parametrii aburului 140 ata, 570°C la cazan) — în ajutorul dat în proiectare şi în asistenţa tehnică dată pentru montaj.

Acestea au permis ca punerea în funcţiune a primei unităţi să se facă în mai puţin de 2 ani de la deschiderea şantierului.

Tov. Inginer Salgian M. a prezentat propunerea I.S.P.E. pentru tipizarea centralelor industriale cu echipament din U.R.S.S., un exemplu de aplicare în mod creator a experienţei U.R.S.S.

La baza alegerii soluţiilor stă analiza tehnico-economică a echipării a zece centrale studiate anterior ţinînd seama de economiile ce se realizează prin reducerea costului proiectării, tipizarea echipamentelor şi a execuţiei precum şi prin reducerea termenelor de dare în exploatare.

Echipamentul termomecanic important constă din cazane (MTD) CR 12 de 50 t/h, 40 ata, 450°C, cuplate cu turbine (CMR) AKTR-4 sau AKTP-4 de 4 MW de contrapresiune şi priză reglată.

Numărul blocurilor cazan-turbină variază după necesitate. Degazarea apei de alimentare se face în degazoare atmosferice verticale. Se prevăd numai electropompe de alimentare.

Racordarea la sistemul energetic se face cu ajutorul a două transformatoare. Se admite funcţionarea cu ambii transformatori racordaţi la barele de 6kV secţionaţi prin cuplă. Comanda şi urmărirea proceselor tehnologice se fac din camera de comandă tehnologică (electrică şi termică). Automatizarea va avea un grad foarte înaintat.

Prefabricatele din beton armat vor forma elementele de rezistenţă şi de închidere a centralei.

Instalaţia de tratare chimică se va adapta de la caz la caz condiţiilor locale.

Numărul şi calitatea referatelor prezentate, materialul grafic bogat expus precum şi numărul mare al participanţilor au dovedit rezultatele frumoase şi importanţa care se dă aplicării experienţei sovietice în energetica ţării noastre.

Index alfabetic

A

Adămuţ I., 5, 24.
Antonescu N., 4, 12.
Arie E., 2, 2.
Arsene D., 10, 15.
Aschendorf A., 4, 9.

B

Badea I., 5, 12.
Badea I. A., 6, 12.
Bologh I., 10, 3.
Bălan Gh. 2, 1.
Beldiman M., 4, 8.
Bernfled D., 3, 3.
Brebenel D., 4, 3; 4, 13.
Burducea C., 4, 17.

C

Carabogdan I., 4, 19.
Cazacu C., 3.1.
Căpăţînă V., 10, 2.
Cigusievici M., 5, 11; 5, 18; 10, 8.
Colţ Gh., 9, 2,; 9,3.
Cogălniceanu M., 9, 4.
Constantinescu E., 9, 1.
Curelaru S., 4, 17.

D

Dimo P., 5, 7.
Dinulescu C., 4, 1; 4, 2.
Dinulescu D. I., 7, 1.
Donici S., 5, 18.

F

Florescu A., 3, 2.

G

Gheorghiu N., 5, 3.
Ghia V. V., 4, 10.
Ghitta L., 5, 11.
Golici D., 4, 7.
Grăniceanu M., 11, 3.
Grecu T., 4, 9.
Groza L., 5, 15.
Grosz I. 4,15; 10,9; 10,11.

H

Hercz G., 10, 12.

I

Iliescu Th., 4, 6; 4, 15.
Ionescu Th., 4, 6; 4, 15.
Ionescu C., 5, 2.
Ionescu V., 5, 4; 5,16.
Ionescu S., 5, 23.
Ioniţă Gh., 5, 2.
Iorgulescu Gr., 10, 11.

K

Kraft M., 10, 4.

L

Lăzărescu S., 5, 13.

M

Marc D., 5, 6,
Mihai I., 5, 18.
Mihăileanu C., 5, 1; 5, 16; 11,2.
Militaru P., 5, 15,; 5, 13.
Moraite G., 5, 7.
Munteanu R. 4, 18.

N

Nacu H., 4, 16.
Nicolae P., 5, 23.
Nicoleanu I., 10, 10.
Niculescu I., 3, 6.
Nitu V. I., 5, 21.

P

Paal A. St., 10, 1; 10, 14.
Panaitescu G., 5, 17; 11, 3.
Paraschiv A., 6, 1.
Pănoiu N., 3, 1; 4, 19.
Pătraşcu Gh., 10, 7.
Petcu M., 4, 19.
Penescu M., 5, 20.
Perussi P., 3, 4.
Pomîrleanu M., 5, 23.
Popescu M., 5, 10.
Potolea E., 5, 22.

R

Racoveanu C., 10, 13.
Rădulescu V., 5, 8.

S

Schapira W., 8, 1.
Schlotter Fr., 10, 9.
Schwartz M., 4, 19.
Secară Gh., 3, 5.
Semlyen A., 5, 5.
Singer G., 4, 19.
Stoleru B., 5, 14; 10, 6.
Stanislavievici L., 4, 11.
Stein M., 5, 20.
Szekely L., 4, 5.

T

Tenea O., 5, 14.

Ţ

Ţencu C., 5, 13.

U

Ungureanu C., 4,4.

V

Vicol P., 5, 13.
Vlad A., 5, 19.
Vladimir N., 4, 14; 8, 2; 11, 1.
Vlădeanu V., 5,9.
Voinea M., 4, 8.

W

Wlezeck C., 6, 1.

Z

Zamfir V., 3, 5.

MŰSZAKI KÖNYVTÁR 1883

СОДЕРЖАНИЕ

* * *: **Тематический план журнала „Энергетика“ на 1962 год.**

Energetica *9* (1961) № 12, стр. 469–472

ДК 621.316.1.052.001.1.

Potolea E.: **Эквивалентные схемы для линий два проводника–земля.**

В работе выводятся эквивалентные схемы линий два проводника-земля как посредством метода матричного исчисления, так и посредством метода симметричных составляющих. Помимо известных из литературы эквивалентных схем выводятся несколько новых схем.

Energetica *9* (1961) № 12, стр. 472–480

ДК 621.311.177 :621–523.001

Ionescu C., Pomîrleanu M. и *Nicolae P.*: **Автоматический диспетчеррегулятор частоты и оптимального распределения активных мощностей энергетических систем.**

В статье представлены принципы работы и возможные способы выполнения автоматических диспетчеров с целью автоматической регулировки частоты и экономичного распределения активных мощностей в энергетических системах.

Energetica, *9* (1961) № 12, стр. 481–488

ДК 621.316.1.052.3.001/4

Adămuț I.: **Новый экономичный метод расчета и эксплуатации надземной сети низкого напряжения с пятью проводниками.**

В статье представлен один тип надземной электрической сети низкого напряжения с пятью проводниками, который еще не был использован в распределительных сетях. Конструктивная характеристика этой сети состоит в том, что сумма сечений проводника коммунального освещения и проводника освещения абонентов, питаемого от той же фазы равна сечению каждого из двух других проводников освещения абонентов при условии одинакового падения напряжений.

Energetica *9* (1961) № 12, стр. 488–498

ДК 621.181 :621.311.153.004.15

В ПОМОЩЬ МОЛОДОМУ ИНЖЕНЕРУ

Vladimir N.: **Влияние кривой нагрузки на средний к. п. д. котельной в термоэлектрической пиковой централи.**

Energetica, *9* (1961) № 12, стр. 499–501

С ПРОИЗВОДСТВА

ДК 621.187.127

Paal A. St.: **Экспериментирование электромагнитной обработки питательной воды на ТЭЦ Орадя.**

Energetica, 9 (1961) № 12, стр. 501–503

ДК 621.181.8.004.15

Arsene D.: **Увеличение эффективности перегревателей паровых котлов.**

Energetica, *9* (1961) № 12, стр. 503–506

ДОКУМЕНТАЦИЯ
ХРОНИКА
АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

INHALTSVERZEICHNIS

* * * **Der Themaplan der Zeitschrift „Energetica“ für das Jahr 1962.**

Energetica *9* (1961) H. 12, S. 469–472

DK 621.316.1.052.2.001.1

Potolea E.: **Äquivalentschaltungen für 2-Leiter-Erde.**

Im Aufsatz werden die Äquivalentschaltungen der 2-Leiter-Erde-Leitungen sowohl durch die Matrixberechnung, als auch durch das Verfahren der symetrischen Komponenten abgeleitet. Ausser den in der Fachliteratur bekannten Schaltungen, werden auch eine Reihe neuer Schaltungen abgeleitet.

Energetica, *9* (1961) H. 12, S. 472–480

DK 621.311.177 :621–523.001

Ionescu S., Pomîrleanu M., und *Nicolae P.*: **Automatischer Dispatcher — ein Mittel zur Frequenzreglung und optimalen Verteilung der aktiven Kräfte innerhalb der energetischen Systeme.**

Im Aufsatz werden die Betriebsprinzipien und die Fertigungsmöglichkeiten von automatischen Dispatchern dargelegt, hinsichtlich der automatischen Frequenzreglung und der wirtschaftlichen Verteilung der aktiven Kraft innerhalb des energetischen Systems.

Energetica *9* (1961) H. 12, S. 481–488

DK. 621.316.1.052.3.001/4

Adămuț I.: **Ein neues wirtschaftliches Bemessungs — und Betriebsverfahren einer Niederspannungs-Freileitung mit fünf Leitern.**

Der Verfasser beschreibt den neuen Typ einer Niederspannungsstrom-Freileitung mit fünf Leitern, der bisher noch nicht im Verteilernetz verwendet wurde.

Die bauliche Eigenheit dieser Leitung besteht darin, dass die Summe der Sektionen des Leiters für Strassenbeleuchtung und des Leiters für Raumbeleuchtung, — die aus der gleichen Phase gespeist werden, gleich der Sektion jedes der anderen beiden Leitern für Raumbeleuchtung, unter den Bedingungen des gleichen Stromabfalls ist.

Energetica, *9* (1961) H. 12, S. 488–498

FÜR DEN JUNGINGENIEUR

DK 621.181 :621.311.153.004.15

Vladimir N.: **Der Einfluss der Belastungskurve auf die durchschnittliche Wirkleistung des Kesselhauses in einem Spitzen-Wärmekraftwerk.**

Energetica, *9* (1961) H. 12, S.499–501

AUS DEM BETRIEBSLEBEN

DK 621.187.127

Paal A. St.: **Versuche zur elektromagnetischen Aufbereitung des Speisewassers im Wärmekraftwerk Oradea.**

Energetica, *9* (1961) H. 12, S. 501–503

DK 621.181.8.004.15

Arsene D.: **Die Steigerung der Wirksamkeit der Überhitzer an den Dampfkesseln.**

Energetica, *9* (1961) H. 12, S. 503–506

DOKUMENTATION
CHRONIK
ALPHABETISCHES STICHWORTVERZEICHNIS

SOMMAIRE

* * * : **Thèmes de la revue Energetica pour l'année 1962.**
Energetica *9*, (1961) no. 12, p. 469–472

CD 621.316.1.052.001.1

Potolea E. : **Schèmas équivalents pour les lignes deux conducteurs — terre.**

Dans l'article on fait la déduction des schèmas équivalents des lignes deux conducteurs-terre, tant par la méthode du calcul des matrices que par celle des composents symétriques. Outre les schèmas équivalents connus dans la littérature de spécialité, l'auteur déduit aussi quelques schèmas nouveaux.

Energetica, *9* (1961) no. 12, p. 472–480

CD 621.311.177 :621–523.001

Ionescu S., Pomîrleanu M. et *Nicolae P.* : **Le dispatcher automatique — moyen de réglage de la fréquence et de répartition parfaite des puissances actives dans les systèmes énergetiques.**

Dans l'article on présente les principes de fonctionnement et les modes possibles de réalisation des dispatchers automatiques en vue du réglage automatique de la fréquence et de la répartition économique des puissances actives dans les systèmes énergétiques.

Energetica, *9* (1961) no. 12, p. 481–488

CD 621.316.1.052.3.001/4

Adămuț I. : **Une nouvelle méthode économique pour dimensionner et exploiter un réseau aérien de basse tension a cinq conducteurs.**

L'article presente un type de réseau électrique aérien de basse tension à cinq conducteurs, qui n'est pas encore utilisé sur les réseaux de distribution.

La caractéristique constructive de ce réseau consiste dans le fait que la somme des sections du conducteur pour l'éclairage public et du conducteur pour l'éclairage particulier, alimenté de la même phase que le premier et égale à la section de chacun des deux autres conducteurs pour l'éclairage particulier dans des conditions de chute de tension égale.

Energetica, *9* (1961) no. 12, p. 488–498

EN AIDE AU JEUNE INGÉNIEUR

CD 621.181 : 621.311.153.004.15

Vladimir N. : **Effets de la courbe de charge sur le rendement moyen de la salle des chandières dans une centrale thermo-électrique de pointe.**

Energetica, *9* (1961) no. 12, p. 499–501

NOUVELLES DE NOS EXPLOITATION

CD 621.187.127

Paal A. St. : **Expérimentation des traitement électromagnétique de l'eau d'alimentation à la centrale thermique d'Oradea.**

Energetica *9* (1961) no. 12, p. 501–503

CD 621.181.8.004.15

Arsene D. : **Augmentation de l'efficacité des surchauffeurs des chandières à vapeur.**

Energetica, *9* (1961) no. 12, p. 503–506

DOCUMENTATION
CHRONIQUE
INDEX ALPHABETIQUE

CONTENTS

* * * : **The 1962 thematic plan of „Energetica".**
Energetica *9*, (1961) no. 12, p. 469–472

DC 621.316.1.052.001.1.

Potolea E. : **Equivalent schemes for two conductors-ground lines.**

The author deduces the equivalent schemes of two conductors-ground lines by using both the matrix calculus and the symmetrical-compound method.

Some new schemes are being deduced in addition to the equivalent schemes known from the literature.

Energetica, *9* (1961) no. 12. p. 472–480

DC 621.311.177 :621–523.001

Ionescu S., Pomîrleanu M. and *Nicolae P.* : **The automatic dispatcher — as a means of adjusting the frequency and optimum distribution of active powers in energetic systems.**

This paper presents the operation principles and the possible ways of achieving the automatic dispatchers — in view of automatically adjusting the frequency and the economic distribution active powers in energetic systems.

Energetica *9*, (1961) no. 12, p. 481–488

DC 621.316.1.052.3.001/4

Adămuț I. : **A new economic method for determining the dimensions and operating a low tension aerial network with five conductors**

A description is given of a low tension aerial network with five conductors which has not been und as yet in distribution networks.

The constructive peculiarity of this network consiste of the fact that the sum of the sections of both public and private lighting conductors fed from the same phase is equal to the section of each of the two other private lighting conductors under equal tension drop conditions.

Energetica, *9* (1961) no. 12, p. 488–498

ASSISTING THE YOUNG ENGINEERS

DC 621.181 :621.311.153.004.15

Vladimir N. : **The influence of the charge curve on the mean output of the boiler hall in a peak thermo-electric power station.**

Energetica, *9* (1961) no. 12, p. 499–501

WORKING PROBLEMS

DC 621.187.127

Paal A. St. : **Testing the electromagnetic treatment of feed water at the Oradea steam-generating station.**

Energetica, *9* (1961) no. 12, p. 501–503

DC 621.181.8.004.15

Arsene D. : **Increasing the effectiveness of superheaters in steam boilers.**

Energetica, *9* (1961) no. 12, p. 503–506

DOCUMENTATION
CHRONICLE
ALPHABETICAIL INDEX

(Urmare de pe coperta a II-a)

13. *Vicol P., Militaru P., Tencu C.* şi *Lăzărescu S.* : Traversarea Dunării în R. P. Romînă prin cabluri subfluviale de 110 kV, nr. 5, pag. 191.
14. *Stoleru B.* şi *Tenea O.* : Utilizarea barelor rigide în staţiile exterioare de 35 kV, nr. 6, pag. 245.
15. *Groza L.* şi *Militaru P.* : Cea de-a 18-a sesiune a CIGRÉ, nr. 8, pag. 297.
16. *Mihăileanu C.* şi *Ionescu V.* : Ecuaţiile şi schemele regimului dinamic în sistemele energetice prevăzute cu reglajul automat al frecvenţei, nr. 8, pag. 322.
17. *Panaitescu G.* : Noul tarif pentru energia electrică consumată la iluminat şi utilizări casnice în R.P.R., nr. 9, pag. 337.
18. *Mihai I., Cigusievici* M. şi *Donici S.* : Contor pentru înregistrarea numărului de funcţionări ale descărcătoarelor cu rezistenţă variabilă, nr. 9, pag. 354.
19. *Vlad A.* : O lucrare de reţea electrică subterană pe munte, nr. 10, pag. 402.
20. *Stein M.* şi *Penescu M.* : Determinarea parametrilor unei reţele funcţionînd cu neutrul izolat sau tratat prin bobină de stingere, în cazul unui defect monofazat la pămînt, nr. 10, pag. 408.
21. *Nitu V. I.* : O nouă schemă pentru centralele şi staţiile de transformare la tensiunile de 6 şi 10 kV, nr. 11, pag. 433.
22. *Potolea E.* : Scheme echivalente pentru liniile două conductoare-pămînt, nr. 12, pag. 472.
23. *Ionescu S., Pomîrleanu M.* şi *Nicolae P.* : Dispecerul automat—mijloc de reglaj al frecvenţei şi al repartiţiei optime a puterilor active în sistemele energetice, nr. 12, pag. 481.
24. *Adămuţ I.* : O nouă metodă economică de dimensionare şi exploatare a unei reţele aeriene de joasă tensiune cu cinci conductoare, nr. 12, pag. 488.

6. Energetică nucleară

1. *Badea I. A., Paraschiv A.* şi *Wlezek C.* : Centralele nucleare-electrice echipate cu reactoare cu apă sub presiune, nr. 7, pag. 261.

7. În ajutorul exploatării

1. *Dinulescu D. I.* : Calculul iluminatului fluorescent, nr. 1, pag. 31.

8. În ajutorul tînărului inginer

1. *Schapira W.* : Organizarea calculelor reţelelor buclate de joasă tensiune prin metoda condensatoarelor fictive, folosind calculatoare electronice numerice şi maşini de calculat de birou, nr. 4, pag. 158.
2. *Vladimir N.* : Influenţa alurii curbei de sarcină asupra randamentului mediu al sălii cazanelor de abur a unei centrale termoelectrice, nr. 12, pag. 499.

9. Energetica peste hotare

1. *Constantinescu E.* : Tendinţe şi realizări noi în domeniul liniilor şi staţiilor de înaltă tensiune în U.R..S.S., nr. 3, pag. 116.
2. *Colţ Gh.* : Termoficarea oraşului Astrahan, nr. 7, pag. 287.
3. *Colţ Gh.* : Cîteva aspecte tehnico-economice ale termoficării în U.R.S.S., nr. 8, pag. 333.
4. *Cogălniceanu M.* : Uzinele hidroelectrice cu pompaj din R.D.G., nr. 11, pag. 421.

10. Din exploatare

1. *Paal A. St.* : Îmbunătăţirea randamentului la cazanele de tip vechi ale I.R.E. — Oradea, nr. 2, pag. 77.
2. *Căpăţînă V.* : Mărirea economicităţii instalaţiilor de turbine VK-50-1, nr. 2, pag. 78.
3. *Balogh* I. : Încercările efectuate la I.R.E. — Oradea pentru aplicarea contoarelor volumetrice la măsurarea consumului de păcură, nr. 3, pag. 114.
4. *Kraft M.* : Lopata mecanică cu comandă de la distanţă, nr. 5, pag. 210.
5. *Verdeş Gh.* : Avarie într-o staţie exterioară provocată de descărcări electrice, nr. 5, pag. 213.
6. *Stoleru B.* : Post de transformare metalic, nr. 5, pag. 214.
7. *Pătraşcu Gh.* : O metodă rapidă de şuntare a întreruptoarelor MKP-110 la liniile aeriene de 110 kV, nr. 6, pag. 248.
8. *Cigusievici M.* : Cleşte ampermetric realizat de I.R.M.E., nr. 6, pag. 240.
9. *Schloter Fr.* şi *Gross I.* : Experimentarea metodei luminiscenţei pentru detectarea neetanşeităţilor la condensatoarele turbinelor cu abur din C.T.E. — Grozăveşti, nr. 6, pag. 251.
10. *Nicoleanu I.* : Îmbunătăţiri tehnice la instalaţiile apei de adaos la Centrala termoelectrică Fîntînele şi efectul lor asupra pierderilor de apă, nr. 9, pag. 378.
11. *Grosz I.* şi *Iorgulescu Gr.* : Defectoscopia prin fluorescenţă a fisurilor, nr. 9, pag. 381.
12. *Hercz G.* : Metodele de protecţie anticorosivă la temperaturi înalte a ţevilor oţel carbon aplicate la C.T.E.— Aghireş, nr. 10, pag. 413.
13. *Racoveanu C.* : Dispozitiv electronic pentru reglare „RC-1", ataşabil punţilor şi potenţiometrelor automate, nr. 10, pag. 416.
14. *Paal A. St.* : Experimentarea tratării electromagnetice a apei de alimentare la C.T.— Oradea, nr. 12, pag. 501.
15. *Arsene D.* : Mărirea eficacităţii supraîncălzitoarelor la cazanele de abur, nr. 12, pag. 503.

11. Discuţii

1. *Vladimir N.* : Unele precizări relative la definirea echivalentului energetic al puterii reactive în cazul utilizării condensatoarelor statice, nr. 3, pag. 106.
2. *Mihăileanu C.* : Observaţii cu privire la lucrarea ing. Vladimir N., intitulată „Unele precizări relative la definirea echivalentului energetic al puterii reactive în cazul utilizării condensatoarelor statice", nr. 3, pag. 110.
3. *Panaitescu Gh.* şi *Grăniceanu M.* : Unele aspecte ale problemei îmbunătăţirii factorului de putere în R.P.R., nr. 9, pag. 372.

Documentare, Cronică, Recenzii